



UNIVERSITAT JAUME I

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES

EXPERIMENTALS

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

***CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA
INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA
VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE***

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOR/A

Salvador Carreras Nebot

DIRECTOR/A

Lluís Monjo Mur

Castelló de la Plana, octubre de 2019

ÍNDICE GENERAL

1. MEMORIA
2. ANEXO I. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
3. ANEXO II. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN
4. HOJA DE CARACTERÍSTICAS
5. PLIEGO DE CONDICIONES
6. PRESUPUESTO
7. PLANOS

UNIVERSITAT JAUME I

MEMORIA

Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible

Contenido

1.1.	Objeto	3
1.2.	Alcance del proyecto	3
1.3.	Antecedentes	3
1.4.	Normativa aplicada.....	4
1.5.	Programas utilizados	4
1.6.	Bibliografía.....	5
1.7.	Abreviaturas utilizadas	5
1.8.	Datos de partida.....	6
1.8.1.	Ubicación de la parcela	6
1.8.2.	Características de la vivienda	7
1.8.3.	Datos meteorológicos	9
1.9.	Descripción de la solución adoptada	10
1.9.1.	Descripción general de la instalación fotovoltaica	10
1.9.2.	Módulos solares.....	10
1.9.3.	Estructura de soporte	11
1.9.4.	Regulador	12
1.9.5.	Inversor.....	13
1.9.6.	Almacenamiento.....	14
1.9.7.	Cableado	15
1.9.8.	Canalizaciones y tubos	16
1.9.9.	Protecciones.....	17
1.10.	Análisis de alternativas.....	19
1.10.1.	Sustitución de electrodomésticos por equivalentes de gas	19
1.10.2.	Instalación de un aerogenerador	19
1.10.3.	Aplicación de la batería modular de pilas ion litio 18650	19
1.11.	Resumen del presupuesto	21
1.12.	Estudio de viabilidad	22
1.12.1.	Cálculo del beneficio obtenido	22

MEMORIA

1.12.2.	Cálculo del periodo de retorno	23
---------	--------------------------------------	----

MEMORIA

1.1. Objeto

El objeto del presente proyecto es diseñar, dimensionar i describir al completo la instalación eléctrica que abastece una vivienda unifamiliar autosuficiente energéticamente, con un grado de electrificación elevada situada en el municipio de Pinoso (Alicante).

Se plantea el diseño y dimensionado de un sistema de almacenamiento totalmente modular, basado en módulos independientes de pequeña capacidad.

1.2. Alcance del proyecto

El contenido del proyecto abarca los siguientes ámbitos:

- Diseño y dimensionado de la instalación fotovoltaica, con la estimación del recurso solar disponible, el cálculo de la capacidad necesaria, la selección de sus componentes, el cálculo de secciones de cables y la determinación de protecciones.
- Diseño y dimensionado de la instalación en Baja Tensión encargada de alimentar los consumos de la vivienda, con la especificación de dichos consumos, la determinación de los circuitos interiores existente, el cálculo y selección de secciones de cables y protecciones.
- Cálculo de la rentabilidad de la instalación debido al ahorro obtenido al no pagar la electricidad a las compañías eléctricas.
- Presupuesto total de la instalación y estudio de viabilidad.

1.3. Antecedentes

Los principios en los que se basa la energía fotovoltaica fueron establecidos en el siglo XIX con el descubrimiento del efecto fotovoltaico por el físico francés Alexandre Edmond Becquerel. Esto se produjo mientras trabajaba con una pila electrolítica con electrodos de platino, cuando observo que si se exponía a la luz, se obtenía un incremento en la corriente. Aunque se dan avances en este campo, no se darán aplicaciones prácticas hasta la invención de la célula fotovoltaica de silicio, en 1953, por científicos de los Laboratorios Bell. En un primer momento, dichas células fueron utilizadas para instalaciones aisladas lejos de redes de distribución eléctrica, como satélites orbitales. Actualmente, el sector se encuentra en crecimiento debido a los avances en rendimiento y prestaciones obtenidas, el abaratamiento de equipos, la posibilidad de descentralizar la estructura de la red eléctrica y la búsqueda de alternativas sostenibles a las formas de producción energética convencionales.

MEMORIA

Como no hay vertido energético a la red por parte de la instalación, nuestra instalación de autoconsumo se encuentra totalmente aislada, de modo que la tramitación administrativa es mínima. De este modo, nuestra instalación no se ve afectada por las trabas administrativas existentes que afectan a las instalaciones de autoconsumo con excedentes.

1.4. Normativa aplicada

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el REBT y las ITC correspondientes.
- IDAE, julio de 2011, *PCT de Instalaciones Conectadas a Red*.
- Norma Iberdrola 42.72.00, a instalaciones de enlace y CPM.
- Código Técnico de la Edificación.
- Norma AENOR EA 0038, referente a cables eléctricos de utilización en circuitos de sistemas fotovoltaicos.
- IDAE, febrero de 2009, PCT de Instalaciones Aisladas de Red.
- Borrador del 26 de julio de 2011 del Plan de Energías Renovables 2011-2020.

1.5. Programas utilizados

En la redacción del presente se ha utilizado software de distintos ámbitos con tal de obtener los datos de partida, realizar los cálculos pertinentes o trazar los planos adjuntos:

- MICROSOFT EXCEL 2010

Programa basado en una hoja de cálculo, en el que se han realizado todos los cálculos explicados en los anexos

- Portal web ADRASE

Base de datos online y gratuita de la que se puede obtener datos de radiación solar global sobre superficie horizontal por mes para todo el territorio español. Dichos datos se obtienen a partir de mediciones realizadas con satélite de manera continuada durante años, de modo que se ofrece una estimación bastante aproximada al comportamiento real.

- PVsyst 6.4.0

Software de simulación de sistemas fotovoltaicos con el que se ha obtenido los datos de radiación solar para la inclinación de paneles escogida. Aunque no se haya utilizado, dicho software dispone de muchas más funcionalidades.

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

·AutoCAD 2020

Programa de diseño asistido por computadora en 2D utilizado para el trazo de los planos adjuntos.

·SOLIDWORKS 2018

Programa de modelado en 3D con el que se ha realizado el diseño de los componentes utilizados en la batería modular.

1.6. Bibliografía

- [1] *Reglamento Electrotécnico en Baja Tensión*, Real Decreto 802 / 2002, 2 de agosto
- [2] *PCT Instalaciones conectadas a red*, IDAE, julio de 2011
- [3] *PCT Instalaciones aisladas de red*, IDAE, febrero de 2009
- [4] *Instalaciones de enlace. Cajas de Protección y Medida*, Norma Iberdrola 42.72.00, mayo de 2004
- [5] *Bases de toma de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos. Parte 1-2: Requisitos dimensionales del Sistema Español*, Norma UNE 20315, 18 de octubre de 2017
- [6] *Bases, clavijas, conectores de vehículo y entradas de vehículo. Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 1: Requisitos generales*, Norma UNE-EN 62196, 20 de mayo de 2015
- [7] *Apuntes de la asignatura INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN impartida en la UJI.*
- [8] *Apuntes de la asignatura ENERGÍAS RENOVABLES impartida en la UJI.*
- [9] *Hojas de características de distintos componentes.*

1.7. Abreviaturas utilizadas

ADRASE: Acceso a Datos de Radiación Solar en España (sitio web)

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación

BT: Baja Tensión

CA: Corriente Alterna

CC: Corriente Continua

CdP: Conductor de Protección

CdT: Caída de Tensión

CI: Circuito Interior

MEMORIA

CPM: Caja de Protección y Medida

CTE: Código Técnico de Edificación

EPR: Caucho Etileno-Propileno (aislante de cable)

FC: Flujo de carga

HSP: Horas Solares Pico (unidad de medida de radiación solar)

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

ITC-BT: Instrucción Técnica Complementaria - Baja Tensión

LGA: Línea General de Alimentación

MPPT: Seguidor de Punto de Máxima Potencia (tipo de regulador de corriente)

PaT: Puesta a Tierra

PCT: Pliego de Condiciones Técnicas

PR: Período de Retorno (parámetro de rentabilidad)

PVC: Policloruro de Vinilo (aislante de cable)

PWT: Modulación por Ancho de Pulsos (tipo de regulador)

REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

SAVE: Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico

TIR: Tasa Interna de Rentabilidad (Tasa Interna de Rentabilidad)

TT: Toma Tierra (puede referirse también al esquema señalado en la instrucción ITC-BT-08)

VAN: Valor Actual Neto (parámetro de rentabilidad)

XLPE: Polietileno Reticulado (aislante de cable)

1.8. Datos de partida

1.8.1. Ubicación de la parcela

La parcela en la que se situará la vivienda es la parcela 132 del polígono 5 en la partida Casa Mancebo del municipio del Pinoso (Alicante). Esta parcela se encuentra a 7 km al noroeste del núcleo urbano principal, entre las pedanías de Lel y Úbeda. Las coordenadas de la parcela son las siguientes:

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

-Coordenadas: 01° 00' 25'' O

38° 27' 20'' N

-Altura: 574 msnm

La parcela tiene una extensión de 22 822 m². En la figura 1.1 se muestra la situación de la parcela y en la figura 1.2 se muestra su perímetro y perfil.

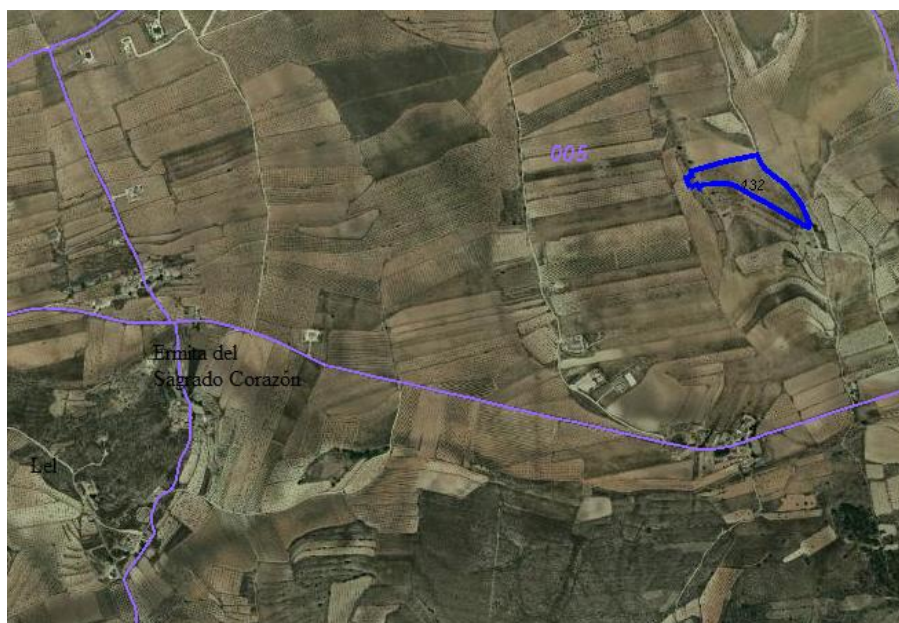


Figura 1.1 Situación de la parcela

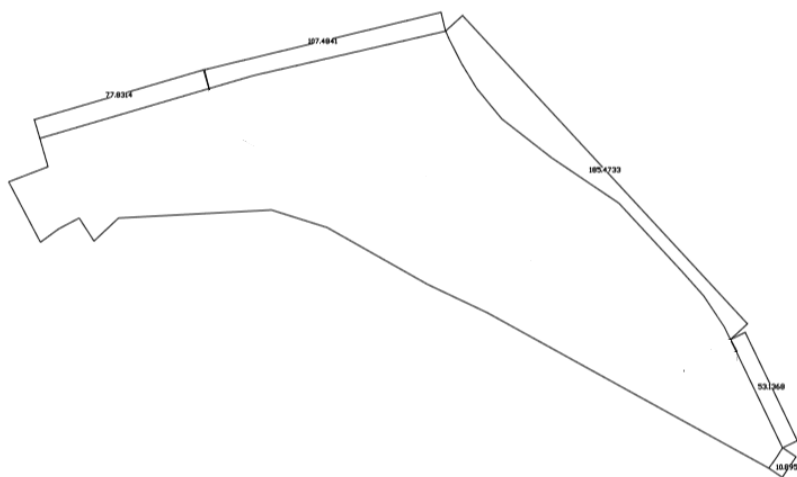


Figura 1.2 Perímetro y perfil de la parcela de la vivienda

1.8.2. Características de la vivienda

La vivienda es de nueva construcción, por tanto se adaptará en la medida de lo posible a mejorar la eficiencia de la instalación fotovoltaica: su lado largo será perpendicular al Sur geográfico para que la

MEMORIA

orientación de los paneles sea óptima, y dispondrá de un tejado extenso en el que colocar los módulos solares. Estos deben ir sobre soportes que le den la inclinación oportuna debido a que el tejado es plano.

En la tabla 1.3 se da una relación de las estancias de la vivienda y la superficie ocupada por estas. La distribución en planta se encuentra en el documento Planos.

Zona	Superficie (m²)
Salón-Comedor	22,24
Cocina	9,48
Baño 1	4,62
Baño 2	4,75
Aseo	3,48
Habitación 1	13,72
Habitación 2	10,23
Habitación 3	10,48
Habitación 4	9,85
Pasillo	4,28
Garaje	30,53
Zona Barbacoa	11,63
Sala baterías-inversor	4,65
Aparcamiento exterior	32,85
Zona exterior 1	73,50
Zona exterior 2	30,27
Superficie útil	140,46
Superficie exterior	136,61
Superficie construida	158,10
TOTAL	301,50

Tabla 1.3 Superficie ocupada de la vivienda por estancias

La instalación fotovoltaica debe producir energía de acuerdo con las necesidades de consumo de la vivienda. Esta demanda viene resumida en la tabla 1.4.

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Elemento	Nº de tomas	Pot. prevista por toma (W)	Tiempo (horas/día)	Energía (W·h/día)
Iluminación	21	15	2	630
Televisor	2	80	2	320
Frigorífico	1	70	14	980
Electrodomésticos	3	500	0,5	750
Lavadora / secadora	1	400	0,5	200
Termo	1	400	4	1600
Calefacción / Aire acondicionado	1	1000	1,5	1500
Recarga vehículo	1	3680	1	3680
TOTAL	-	-	-	9660

Tabla 1.4 Relación de equipos presentes en vivienda y energía consumida

1.8.3. Datos meteorológicos

El único dato relativo al clima que se ha tomado en consideración es la radiación solar global obtenida superficie horizontal. Esta se ha obtenido del portal web ADRASE. Para obtener la radiación solar global equivalente a la inclinación seleccionada para los módulos (45°), se recurre al software PVsyst. En la tabla 1.5 se muestran los datos obtenidos. El proceso de selección de la inclinación se encuentra explicado en el Anexo 1.

(kW·h/m ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sup. horizontal	2,6	3,5	4,5	5,9	7,5	7,8	7,9	6,7	5,3	3,5	2,7	2,3
45°	4,9	5,5	5,8	6,2	6,7	6,5	6,7	6,6	6,3	5,0	4,7	4,6

Tabla 1.5 Datos de radiación solar global sobre superficie horizontal y para una inclinación de 45° sobre el municipio de Pinoso

Aunque tenga una repercusión importante en el rendimiento de los paneles solares, no se ha tenido en cuenta el efecto de la temperatura en los módulos solares debido a que las temperaturas más elevadas se concentran en los meses de verano, que es cuando el recurso solar es más abundante. Por tanto, se puede considerar que ambos efectos se compensan sin afectar el funcionamiento de la instalación.

1.9. Descripción de la solución adoptada

1.9.1. Descripción general de la instalación fotovoltaica

La instalación está formada por 40 paneles fotovoltaicos ERA ESPSC 370 W, asociados en 20 ramales en paralelo que constan de dos paneles cada rama. Todos los paneles se apoyan en una estructura de aluminio fija en la cubierta del edificio. Los paneles se distribuyen en tres líneas separadas entre ellas una distancia de 3,40 m, para evitar interferencia de sombras entre filas.

La instalación se encuentra exactamente orientada hacia el Sur geográfico sin desviación en el azimut. Los paneles se encuentran inclinados 45°, para favorecer la producción energética en los meses de invierno, que son los más precarios en este sentido.

La potencia nominal de la instalación es de 14800 W.

1.9.2. Módulos solares

El modelo seleccionado se corresponde con el modelo ERA ESPSC 370 W. Se trata de un módulo de silicio monocristalino, el tipo de panel solar que actualmente produce una mayor potencia en la salida. Este motivo nos ha permitido reducir el número de paneles necesarios para ajustar la instalación a la superficie limitada disponible. Económicamente, la instalación resultante con dicho panel es la más rentable de las estudiadas.

En la tabla 1.6 se dan las características del modelo seleccionado y en la figura 1.7 sus dimensiones.

Modelo	ESPSC 370W
Fabricante	ERA
Potencia nominal (W)	370
Tensión en circuito abierto (V)	48,3
Corriente de cortocircuito (A)	9,95
Tensión en el punto de máx. potencia (V)	40,1
Corriente en el punto de máx. potencia (A)	9,23
Rendimiento	0,19

Tabla 1.6 Características del panel seleccionado

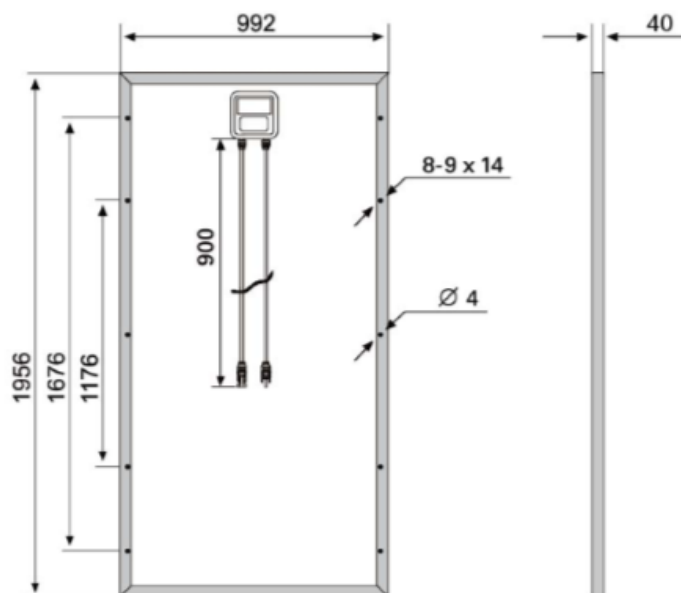


Figura 1.7 Dimensiones del panel seleccionado [9]

1.9.3. Estructura de soporte

La estructura de soporte seleccionada es una estructura comercial homologada, y por tanto cumple con las especificaciones expuestas en el PCT de Instalaciones Conectadas a Red del IDAE, y el CTE. Dichas estructuras se pueden unir entre ellas de manera indefinida mediante una pieza auxiliar, de modo que se ahorra espacio y se le da estabilidad al conjunto. En la tabla 1.8 se dan las características de la estructura de soporte seleccionada. En la tabla 1.9 se muestra la estructura utilizada.

Modelo	Estructura para 3 placas suelo
Fabricante	Würth
Referencia	ESUE 3
Capacidad individual	3 paneles
Altura máx. paneles	2 m
Ángulo de inclinación	45°
Material	Aluminio

Taula 1.8 Características del soporte seleccionado



Figura 1.9 Estructura de soporte para los paneles [9]

1.9.4. Regulador

Es el dispositivo encargado de controlar el flujo energético entre el sistema de generación y el de almacenaje. El regulador seleccionado es de tecnología MPPT, caracterizado por hacer funcionar a la placa en su punto de máxima potencia para obtener la máxima eficiencia de producción. También permite trabajar con tensiones distintas en placas y baterías. El modelo escogido es el PC18-8015 F de Must Solar. En la tabla 1.10 se dan las características de dicho modelo, y en la figura 1.11 se muestra dicho regulador.

Modelo	PC 18-8015 F
Fabricante	Must Solar
Voltaje CC (V)	48
Voltaje CA (V)	230
Corriente máx. conversión (A)	80
Rendimiento	98 %
Dimensiones (mm)	152 × 100 × 294

Tabla 1.10 Características del regulador seleccionado



Figura 1.11 Regulador seleccionado [9]

1.9.5. Inversor

Es el dispositivo encargado de convertir la corriente continua a 48 V que obtenemos en la salida de la instalación fotovoltaica en corriente alterna a 230 V apta para el consumo en la vivienda. El modelo seleccionado es Victron Quattro 48/10000, cuyas características se muestran en la tabla 1.12. En la figura 1.13 se muestra el inversor a instalar.

Modelo	Quattro 48/10000
Fabricante	Victron
Potencia nominal (kW)	10
Potencia pico (kW)	20
Voltaje CA (V)	230
Corriente máx. conversión (A)	100
Rendimiento	98 %
Dimensiones (mm)	152 × 100 × 294

Tabla 1.12 Características del inversor



Figura 1.13 Inversor seleccionado [9]

1.9.6. Almacenamiento

El sistema de almacenamiento trabaja a una tensión de 24 V. Esto es posible al utilizar un regulador de tecnología MPPT.

Por temas económicos, se ha desechado el desarrollo de la batería modular basada en pilas ion litio 18650. En su lugar, se ha optado por baterías GEL, que aunque más caras que la mayoría de soluciones comerciales existentes, presentan una larga vida útil con excelentes prestaciones sin mantenimiento.

El sistema consiste en 12 vasos del mismo modelo conectados en serie. El modelo escogido es 12 PVV 1800 de la serie BAE C100. Sus características se describen en la tabla 1.14. En la figura 1.15 se muestra un vaso coincidente con el utilizado en el sistema de almacenamiento.

Modelo	12 PVV 1800
Fabricante	BAE C100
Capacidad nominal $C_{20}(A \cdot h)$	1644
Voltaje nominal (V)	2
Dimensiones por vaso (mm)	$215 \times 277 \times 710$

Tabla 1.14 Características de la batería escogida

Es importante señalar que el deterioro de un solo vaso involucra la vida útil del resto del sistema, por tanto, en caso de avería es recomendable cambiar todos los vasos.



Figura 1.15 Vaso empleado en el sistema de almacenamiento [9]

1.9.7. Cableado

En la instalación hay tanto cables multipolares como cables unipolares. Todos los cables de la instalación se señalizan de acuerdo a lo establecido en la instrucción ITC-BT-19, utilizándose el código de colores establecido para los cables multipolares y mediante un etiquetado en los extremos para los unipolares.

Cableado para corriente continua

Los cables utilizados en la instalación fotovoltaica deben cumplir lo establecido en las instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20, y la especificación AENOR EA 0038, donde se explican las características para la conexión entre paneles solares y el inversor. En este caso debe ser un conductor de uso exterior y alta seguridad (sin propagación de llama, fuego y de baja emisión de humos y gases tóxicos).

El montaje de los cables se realiza en canaletas protectoras en montaje superficial. El cable empleado es RZ1-K(AS) 0,6/1 kV. La sección empleada será la correspondiente a la unión en serie entre las agrupaciones en serie de 2 paneles, y la correspondiente a unión en paralelo para el conductor que todas las agrupaciones en paralelo con el regulador, y este con el inversor y el sistema de almacenamiento. Los cables que conectan los módulos en serie son multipolares mientras que el que conecta en paralelo es unipolar.

MEMORIA

Cableado para corriente alterna

Los cables utilizados en la instalación interior de la vivienda deben cumplir con lo establecido en las instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20. El cable utilizado debe ser de alta seguridad (sin propagación de llama, fuego y de baja emisión de humos y gases tóxicos).

El montaje de los cables se realiza en tubos empotrados en paredes aislantes. El cable empleado es RZ1-K(AS) 0,6/1 kV. Los cables empleados en los CI son multipolares mientras que el empleado en la LGA es unipolar.

1.9.8. Canalizaciones y tubos

Canalizaciones para cableado en corriente continua

Se realizará en canaletas de PVC adosadas sobre el tejado de la vivienda. Deben estar homologadas para el uso en intemperie y cumplir con lo estipulado en la instrucción ITC-BT-21.

Canalizaciones para cableado en corriente alterna

Se realizará en tubos de PVC empotrados en tubos aislados en paredes aislantes. Los tubos deben cumplir lo estipulado en la ITC-BT-21.

En la tabla 1.16 se dan tanto las secciones de los cables en CC como en CA, y las dimensiones de los tubos y canaletas que las contienen.

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Circuito	Corriente	$S_{cond_activo} (mm^2)$	$S_{cdp} (mm^2)$	Dimensiones canaleta / Diámetro tubo (mm)
Unión en serie	Continua	2,5	2,5	12 × 12
Unión en paralelo	Continua	70	35	16 × 16
LGA	Alterna	10	10	Ø75
C1. Iluminación	Alterna	1,5	1,5	Ø20
C2. TC usos generales, frigorífico	Alterna	2,5	2,5	Ø20
C3. Cocina y horno	Alterna	6	6	Ø20
C4. Lavadora, lavavajillas, termo	Alterna	4	4	Ø20
C5. TC baños y cocina	Alterna	2,5	2,5	Ø20
C7. TC usos generales 2	Alterna	2,5	2,5	Ø20
C8. Calefacción	Alterna	6	6	Ø20
C9. Aire acondicionado	Alterna	6	6	Ø20
C10. Secadora	Alterna	2,5	2,5	Ø20
C13. Recarga vehículo	Alterna	4	4	Ø20

Tabla 1.16 Características dimensionales de cables utilizados y los tubos / canaletas que los contiene

1.9.9. Protecciones

Protecciones contra sobrecorrientes

Todos los conductores de la instalación tienen en su origen, un interruptor magnetotérmico destinado a la protección contra sobrecorrientes. Además se instala un interruptor magnetotérmico general en la CPM que protege los circuitos interiores. Los dispositivos seleccionados serán de curva tipo C. La LGA se encuentra protegida por la protección del inversor.

Protecciones contra cortocircuitos

Todos los conductores disponen de un fusible encargado de proteger contra cortocircuitos a los elementos instalados. Además, la CPM también dispone de un fusible general. Los fusibles instalados se colocan justo después de los interruptores magnetotérmicos, de manera que estos también queden protegidos. Se emplearán fusibles gG. La LGA se encuentra protegida por la protección del inversor.

MEMORIA

En la tabla 1.17 se muestran la corriente nominal de los interruptores magnetotermicos y el PdC de los fusibles utilizados.

Circuito	$I_{N_magnetot\acute{e}rmicos}(A)$	$PdC_{fusibles}(A)$
Unión en serie	10	5
Unión en paralelo	150	750
LGA	50	75
C1. Iluminación	10	75
C2. TC usos generales, frigorífico	16	75
C3. Cocina y horno	25	75
C4. Lavadora, lavavajillas, termo	20	75
C5. TC baños y cocina	16	75
C7. TC usos generales 2	16	75
C8. Calefacción	25	75
C9. Aire acondicionado	25	75
C10. Secadora	16	75
C13. Recarga vehículo	20	75

Tabla 1.17 Características de las protecciones contra sobrecorrientes y cortocircuitos empleadas

Protecciones contra contactos

En la instalación de continua no es posible instalar un interruptor diferencial, de modo que la protección contra contactos, tanto directos como indirectos, se realiza conectando el inversor en modo flotante. Con esto se consiguen niveles de protección bastante aceptables mientras haya el aislamiento correspondiente en caso de fallo. El aislamiento en módulos fotovoltaicos y masas de la instalación debe ser clase II y el inversor debe tener un controlador que detecte una disminución de la resistencia a tierra en caso de existir un primer fallo, de forma que se cierre el paso de corriente y no se alcancen corrientes peligrosas. El valor de dicha resistencia se justifica en el anexo 1.

En la instalación de corriente alterna, la protección contra contactos directo se consigue mediante aislamiento de las partes activas y obstáculos que imposibilitan el contacto. La protección contra contactos indirectos se consigue mediante la instalación de TT, a la que va conectada todas las masas importantes de la instalación, y el interruptor diferencial. La instalación de PaT sigue un esquema TT, tal y como aparece en la instrucción ITC-BT-08, y el interruptor diferencial posee una sensibilidad de 30 mA. En el anexo 2 se explica más detalladamente la instalación de PaT.

1.10. Análisis de alternativas

1.10.1. Sustitución de electrodomésticos por equivalentes de gas

Aunque dicha medida contradice el paradigma de independencia energética libre de emisiones sobre el cual se basa la instalación, ciertos elementos como la cocina, el termo, el horno o la calefacción pueden reemplazarse por elementos a gas, con el objetivo de aliviar el consumo eléctrico total de la vivienda y aumentar la autonomía del sistema de almacenamiento.

En cualquier caso, la medida principal para reducir el consumo es el ahorro energético basado en el gasto responsable de la instalación, reduciendo su uso a las necesidades imprescindibles.

1.10.2. Instalación de un aerogenerador

Se puede plantear la instalación de un aerogenerador que suministre energía a la instalación con una estacionalidad distinta a la de la instalación fotovoltaica. De este modo, adicionamos el recurso eólico al solar, flexibilizando nuestra instalación.

Según la instrucción ITC-BT-40, dicha instalación debe ser menor de 10 kV, con tal de no necesitar proyecto. La altura mínima debe ser de 10 m, teniendo en cuenta que aumentar la altura es fácilmente rentabilizable a partir de la energía obtenida.

1.10.3. Aplicación de la batería modular de pilas ion litio 18650

La idea original de este proyecto era el uso de un sistema de baterías basado en pequeños módulos autónomos con la posibilidad de conexión entre ellos. Cada módulo debe contener las protecciones pertinentes y los equipos de control necesarios para poder asegurar la conexión tanto en serie como en paralelo, dependiendo de las necesidades de la aplicación a desarrollar. También deben ser capaces de detectar el deterioro de las celdas ion litio, de modo que dicho sistema permite aprovechar al máximo la vida útil de cada pila por separado.

Al ser un sistema escalable, este sistema de baterías puede ser utilizado en multitud de aplicaciones (pequeños consumos electrónicos con un solo módulo, vehículos eléctricos, viviendas...). Por este motivo, se ha escogido la tecnología ion litio, ya que es la más utilizada actualmente en automoción. Cada módulo consta de 4 pilas ion litio 18650 conectadas en serie. El modelo de pila seleccionado se corresponde con la pila NCR 18650 B fabricada por Panasonic. Las características de la pila y de cada módulo individual se ofrecen en la tabla 1.18.

Modelo	NCR 18650 B	Módulo 18650
Fabricante	Panasonic	Okotion
Capacidad nominal (mA·h)	3350	3350
Voltaje nominal (V)	3,6	12
Dimensiones (mm)	Ø18,25 × h 65,10	100 × 100 × 25

Tabla 1.18 Características eléctricas y dimensionales de la pila seleccionada y el módulo individual.

El módulo individual consiste en un octoedro con una planta cuadrangular de 10 cm de lado y una altura de 2,5 cm. En las caras cuadradas tiene un estampado con un mosaico realizado con el logo de la empresa desarrolladora, Okotion. Dicho estampado contiene perforaciones que favorecen la ventilación de las pilas y un relieve, positivo en la parte superior y negativo en la inferior, que permite la conexión entre módulos apilándose unos con otros. Cada módulo presenta 2 salidas USB, una a 5 V y otra a 12 V, con el fin de dar alimentación a aplicaciones de pequeña potencia de forma individual. La salida general de potencia para aplicaciones de mayor envergadura se realiza mediante un adaptador. Cada módulo dispone de dos tapas atornilladas: una para las baterías y otra para los elementos electrónicos.

El diseño de la carcasa del módulo se muestra en las figuras 1.19 y 1.20. Actualmente, el módulo se encuentra en fase de desarrollo por parte de la empresa Okotion, de modo que el diseño es provisional a la vista de la selección definitiva de componentes electrónicos y del sistema de conexión entre módulos.

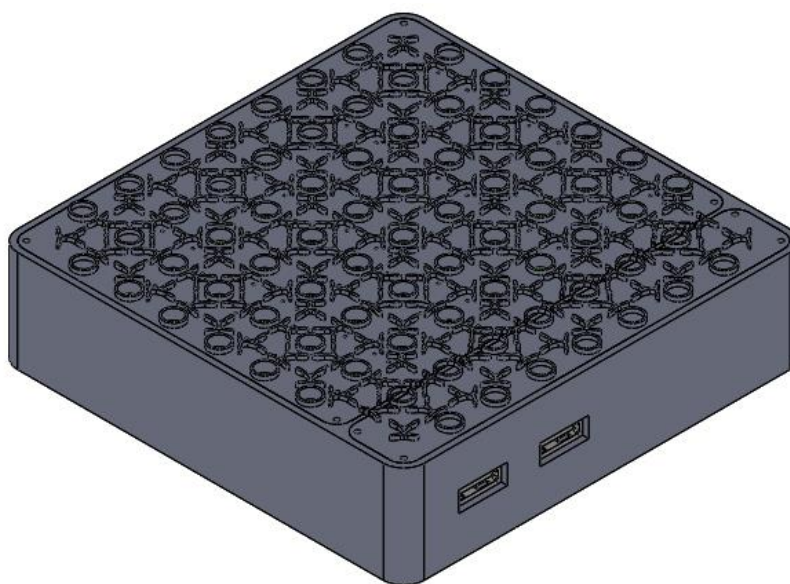


Figura 1.19 Perspectiva isométrica del módulo

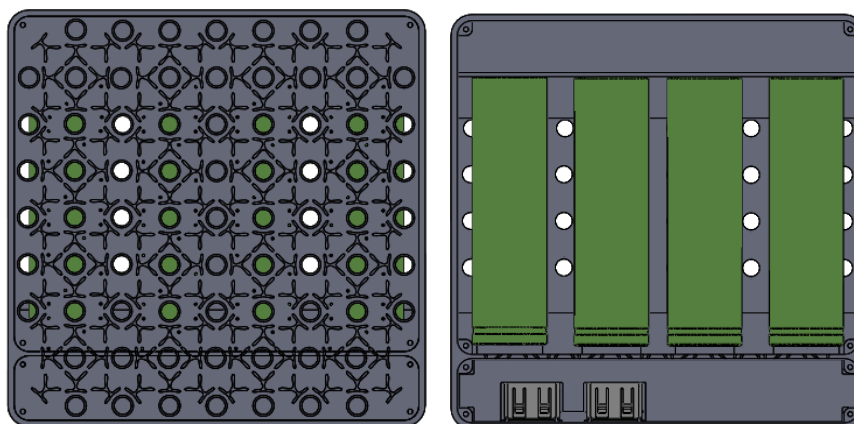


Figura 1.20 Planta del módulo (con y sin tapas)

Este sistema ha sido desechado para esta aplicación por una cuestión sobretodo económica: la capacidad del sistema de almacenamiento requerida por la vivienda es de 1606 A·h si conectamos las baterías a 24 V. Para alcanzar dicha tensión son necesarios 2 módulos (8 pilas) conectados en serie. Después sería necesario conectar en paralelo 408 agrupaciones de dos módulos en serie para conseguir la corriente requerida. Por tanto, necesitaríamos 816 módulos y 3264 pilas para satisfacer la demanda energética. Si suponemos un precio de 5 € por pila, el sistema contando solamente las celdas de ion litio cuesta 16320 €, costanto el sistema empleado 7843,20 €.

Por tanto, se desecha dicho sistema reservándose para aplicaciones de pequeña potencia y vehículos eléctricos. En un futuro puede estudiarse su uso en aplicaciones de mayor potencia en caso de abaratare dicho estándar de pila de litio, tal y como se ve en la tendencia actual.

1.11. Resumen del presupuesto

En esta sección incluimos el presupuesto desglosado por capítulos. El contenido de cada capítulo viene desglosado en el apartado Presupuesto, incluido en este proyecto.

CAPÍTULO	IMPORTE (€)
CAPÍTULO I: Material	25355,14 €
CAPÍTULO II: Montaje y mano de obra	2048,35 €
CAPÍTULO III: Obra civil	850,00 €
CAPÍTULO IV: Ingeniería y dirección de obra	1700,00 €
TOTAL (€)	29953,49 €
IVA (21 %)	6290,23 €
TOTAL + IVA	36243,72 €

1.12. Estudio de viabilidad

En este apartado se comprueba la viabilidad económica del proyecto, teniendo en cuenta la rentabilidad económica que produce el hecho de no comprar electricidad a las compañías distribuidoras. Para ello, suponemos que el beneficio obtenido se corresponde con el ahorro generado por el uso de la instalación, teniendo en cuenta la amortización de la instalación.

1.12.1. Cálculo del beneficio obtenido

En caso de no disponer de la instalación fotovoltaica, el suministro eléctrico de la vivienda correría a cargo de la red de distribución. Con tal de seleccionar una tarifa eléctrica, suponemos un consumo tal y como se muestra en la tabla 1.21. Teniendo en cuenta la potencia instalada en la vivienda, sería recomendable aplicar una tarifa 2.1 DHS con 10 kW de potencia contratados. Basándonos en el consumo supuesto escogemos una tarifa 2.0 DHS con 5 kW de potencia contratados.

La facturación total se divide en tres apartados: los peajes de acceso, que a su vez constan de un término de potencia y de un término de energía; el coste de la energía y los impuestos correspondientes). En la tabla 1.21 se da el cálculo desglosado de cada apartado de la factura.

El término de potencia se corresponde con un recargo anual de 38,043426 €/kW para la tarifa contratada. Por tanto, para una potencia contratada de 5 kW, el término de potencia equivale a 190,22 € anuales. El término de energía varía según el momento en el que se realice el consumo energético. Para la tarifa de aplicación dicho importe se corresponde con el mostrado en la tabla 1.21. Multiplicando todos los términos de la tabla y sumando los resultados a cada periodo, se obtiene que el término de potencia equivale a 3,57 € diarios, 1303,94 € anuales.

Periodo	Valle	Llano	Punta
Horas de aplicación	01:00 a 07:00	07:00 a 13:00 y 23:00 a 01:00	13:00 a 23:00
Potencia consumida (W)	3680	500	4500
Importe por término de potencia (€/kWh)	0,006596	0,017809	0,074568

Tabla 1.21 Consumo diario supuesto por horas y importe equivalente al término de energía correspondiente

El coste de la energía puede variar según el momento del año, la tarifa que se haya contratado y el precio que tome el pool en ese momento. A efectos de cálculo, suponemos un coste de 0,124558 €/kWh, que es el precio medio alcanzado en 2018. Bajo la suposición de consumo anterior, la instalación consume 25944,2 kWh anuales, por tanto la instalación consume. Por tanto, el precio del coste de la energía es de 3431,58 €.

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Sumando los términos de potencia y energía con el coste de la electricidad, nos sale un total de 4925,74 €. Los impuestos equivalen a un 25 % prácticamente sobre el total del coste, por tanto, el coste total anual de la electricidad consumida es de 6157,17 €. Este coste se puede considerar como el beneficio bruto obtenido de manera anual por utilizar energía fotovoltaica.

Al beneficio bruto hay que restarle la amortización de la instalación fotovoltaica. Dicha instalación tiene un coste de 21625,87 €, que se decide amortizar a 5 años (la garantía de los componentes utilizados oscila entre 3 y 8 años). Por tanto obtenemos una amortización de 4325,17 €, resultando un beneficio neto total de 1832 € anuales.

1.12.2. Cálculo de parámetros de rentabilidad

Para el cálculo de estos parámetros consideramos que el ahorro obtenido se mantiene constante a lo largo del tiempo. Dichos parámetros nos dan una idea de la rentabilidad de esta instalación.

El VAN es una medida acerca del incremento de valor que nos puede producir dicha inversión. El flujo de caja, aunque suponga la misma cantidad de dinero anual, varía su valor según la inflación respecto el año en el que se hizo dicha inversión. Para el cálculo actualizado del flujo de carga suponemos un interés real constante de 1,2 %. El VAN de la instalación será el resultante una vez finalizada la vida útil de la instalación, es decir, a 20 años. En la tabla 1.22 se da el cálculo de dicho parámetro cada año.

Año	Inversión realizada	FC actualizado (€)	VAN (€)	Año	Inversión inicial	FC actualizado (€)	VAN (€)
0	21625,87	6157,17	-15468,7	11	0	5400,02	41469,82
1	0	6084,16	-	12	0	5335,99	46805,81
			15541,71				
2	0	6012,01	-9529,69	13	0	5272,73	52078,53
3	0	5940,73	-3588,97	14	0	5210,19	62437,13
4	0	5870,28	2281,32	15	0	5148,41	67524,50
5	0	5800,67	8081,99	16	0	5087,36	72551,54
6	0	5731,89	13813,89	17	0	5027,04	77518,97
7	0	5663,93	19477,81	18	0	4967,43	82427,50
8	0	5596,76	25074,57	19	0	4908,53	87277,83
9	0	5530,40	30604,97	20	0	4850,32	87277,83
10	0	5464,82	36069,80	-	-	-	-

Tabla 1.22 VAN y parámetros de cálculo año a año

El TIR es el interés que nos genera la ejecución del proyecto respecto su inversión inicial. Se calcula como el interés que nos da un VAN = 0. Dicho cálculo se realiza mediante la prueba de distintos valores

MEMORIA

en la expresión del VAN, hasta que obtengamos el valor deseado. Este valor se obtiene con un $TIR=28,25\%$.

El periodo de retorno nos da el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial realizada a partir del ahorro obtenido por usar la instalación. Dicho valor se corresponde al cociente entre la inversión inicial y el beneficio neto anual, en nuestro caso, $PR = 11,8$ años. Teniendo en cuenta que la vida útil de una instalación como la de nuestras características es de 20 años, el periodo de retorno se puede considerar aceptable por ser una inversión bastante segura. En la tabla 1.23 se dan los valores de los parámetros de rentabilidad.

Inversión inicial	21625,87 €
Beneficio neto anual	1832 €
FC anual	6157,17 €
VAN	87277,83 €
TIR	28,25 %
PR	11,8 años

Tabla 1.23 Parámetros de rentabilidad de la inversión

ANEXO I. Instalación fotovoltaica

Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible

Contenido

2.1.	Objeto	3
2.2.	Demanda energética y potencia instalada.....	3
2.3.	Potencial solar del emplazamiento	4
2.3.1.	Zona climática del lugar	4
2.3.2.	Recurso solar disponible.....	4
2.4.	Características de la instalación fotovoltaica	6
2.4.1.	Esquema general de la instalación fotovoltaica.....	6
2.4.2.	Generador fotovoltaico.....	6
2.4.3.	Inversor.....	8
2.4.4.	Regulador	9
2.4.5.	Almacenamiento.....	9
2.4.6.	Cableado	10
2.4.7.	Protecciones.....	11
2.4.8.	Estructura de soporte	11
2.5.	Cálculos de la instalación	13
2.5.1.	Cálculo de la energía demandada en instalación fotovoltaica	13
2.5.2.	Cálculo de la energía producida por la instalación generadora y determinación del número de paneles necesarios.....	14
2.5.3.	Dimensionado del sistema de almacenamiento	15
2.5.4.	Cálculo de la corriente de circulación en conductores	15
2.5.5.	Determinación de la sección de conductores.....	16
2.5.6.	Cálculo de conductor de protección	18
2.5.7.	Cálculo de corrientes de cortocircuito	18
2.5.8.	Dimensionado de protecciones	20
2.5.9.	Dimensionado de la protección contra contactos directos e indirectos	21
2.6.	Resultados	21
2.6.1.	Factor de pérdidas y potencia mínima a instalar	21
2.6.2.	Selección del modelo de módulo solar empleado	22

ANEXO 1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

2.6.3.	Dimensionado de conductores.....	22
2.6.4.	Dimensionado de protecciones.....	23

ANEXO 1. Instalación fotovoltaica

2.1. Objeto

El presente anexo tiene como objetivo definir la instalación de generación eléctrica para la vivienda unifamiliar. En nuestro caso, dicha instalación será fotovoltaica y debe ir acompañada de un sistema de almacenaje que garantice el consumo energético de la vivienda en horas de no generación.

Debido al carácter autosuficiente de la vivienda, dicha instalación debe ser lo suficientemente grande como para abastecer en horas de generación las necesidades energéticas de la casa, así como la alimentación del sistema de almacenaje.

2.2. Demanda energética y potencia instalada

Definimos el consumo típico de la vivienda a partir de la potencia consumida y el tiempo de uso de los equipos presentes en ella. Para realizarlo se recurre a valores convencionales de potencia y uso para cada equipo. En la tabla 2.1 se da la relación de dichos equipos.

Elemento	Nº de tomas	Pot. prevista por toma (W)	Tiempo (horas/día)	Energía (W·h/día)
Iluminación	21	15	2	630
Televisor	2	80	2	320
Frigorífico	1	70	14	980
Electrodomésticos	3	500	0,5	750
Lavadora / secadora	1	400	0,5	200
Termo	1	400	4	1600
Calefacción / Aire acondicionado	1	1000	1,5	1500
Recarga vehículo	1	3680	1	3680
TOTAL	-	-	-	9660

Tabla 2.1 Relación de equipos presentes en vivienda y energía consumida

En la tabla anterior se ha considerado valores medios de uso en caso de haber más de una toma, como ha sido el caso de la iluminación. También se han considerado varios conjuntos como un solo debido a que se descarta su uso simultaneo. En caso de ciertos elementos como la estación de recarga del vehículo eléctrico, se considera que la carga del vehículo puede repartirse durante todo el tiempo que dure la autonomía, de modo que la energía demandada diaria se reduce considerablemente.

2.3. Potencial solar del emplazamiento

2.3.1. Zona climática del lugar

De acuerdo con el CTE sección HE 5, el territorio español está dividido por zonas según la radiación solar global diaria sobre superficie horizontal. En nuestro caso, el municipio de Pinoso se encuentra en una zona climática V, lo que implica una radiación media de $5 \text{ kW} \cdot \text{h} / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$.

2.3.2. Recurso solar disponible

La magnitud utilizada de forma general para la determinación del recurso solar disponible es la radiación global, cuya definición coincide con la siguiente expresión:

$$G = I + D + R \quad (1)$$

$G \left(\frac{\text{W} \cdot \text{h}}{\text{m}^2} \right)$ = Radiación solar global

$I \left(\frac{\text{W} \cdot \text{h}}{\text{m}^2} \right)$ = Radiación directa, procedente directamente del sol

$D \left(\frac{\text{W} \cdot \text{h}}{\text{m}^2} \right)$ = Radiación difusa, radiación reflejada en fenómenos meteorológicos como nubes.

$R \left(\frac{\text{W} \cdot \text{h}}{\text{m}^2} \right)$ = Radiación reflejada, procedente de la reflexión con obstáculos del terreno

Al obtener valores de radiación solar sobre superficie horizontal, el valor de la radiación reflejada no se ve plasmado en el cálculo. No obstante, la vivienda está situada en un terreno llano sin elevaciones ni edificios circundantes, de modo que podemos despreciar el efecto de la radiación reflejada. La simplificación es correcta debido a que los valores incidentes serán siempre mayores a los tomados en el cálculo.

Para poder estimar la radiación solar incidente se ha consultado en el portal web ADRASE los datos de radiación solar global sobre plano horizontal en el municipio de Pinoso. En el gráfico 1.2 se muestran los valores diarios medios de radiación solar para cada mes, además del percentil 75 y 25 de la población, que indican la desviación de valores. La tabla 1.3 muestra los valores numéricos de dicho gráfico. Las mediciones obtenidas han sido realizadas a partir de imágenes con satélite durante más de 10 años.

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

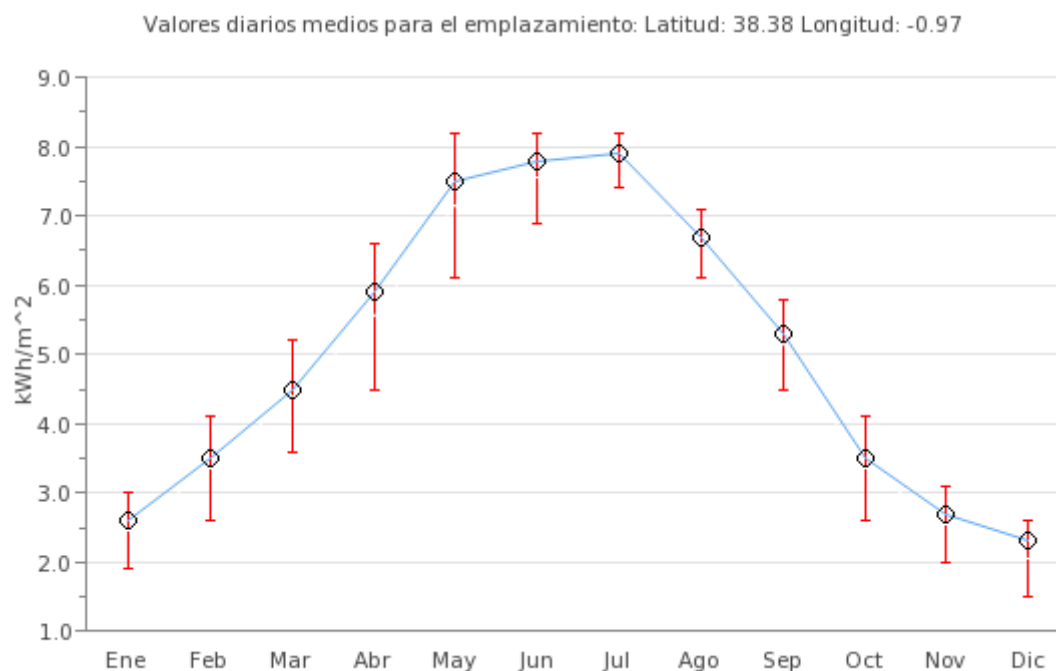


Gráfico 2.2 Radiación solar global sobre plano horizontal incidente en el municipio de Pinoso

(kWh/m ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Percentil 75	3.0	4.1	5.2	6.6	8.2	8.2	8.2	7.1	5.8	4.1	3.1	2.6
Valor medio	2.6	3.5	4.5	5.9	7.5	7.8	7.9	6.7	5.3	3.5	2.7	2.3
Percentil 25	1.9	2.6	3.6	4.5	6.1	6.9	7.4	6.1	4.5	2.6	2.0	1.5

Tabla 2.3 Valores numéricos de la radiación solar global horizontal incidente en el municipio de Pinoso

Con los datos obtenidos, se observa una gran diferencia en la disponibilidad del recurso solar entre los meses de invierno, que son los meses con menor disponibilidad, y verano, donde las necesidades de la vivienda se ven ampliamente cubiertas.

2.4. Características de la instalación fotovoltaica

2.4.1. Esquema general de la instalación fotovoltaica

La instalación fotovoltaica está compuesta por los siguientes elementos:

- Módulos fotovoltaicos asociados en serie y en paralelo según circunstancias
- Sistema de conversión (Inversor CC / AC)
- Equipos de protección
- Sistema de almacenamiento energético

Por criterio de equipamiento seleccionado, se ha elegido una tensión de funcionamiento en el lado de corriente continua de 48 V. La tensión correspondiente al lado de corriente alterna es la de red: 230 V fase-neutro a 50 Hz.

2.4.2. Generador fotovoltaico

·Orientación e inclinación de los paneles

La orientación y la inclinación de las placas solares intervienen en el valor de radiación solar global incidente en módulos según la localización geográfica de las mismas y la estacionalidad de uso de la instalación. La orientación se mide como el ángulo entre la normal a la superficie del módulo y el Sur geográfico. La inclinación se mide como el ángulo entre la superficie del módulo y la horizontal. En la figura 2.4 se representan gráficamente ambas magnitudes.

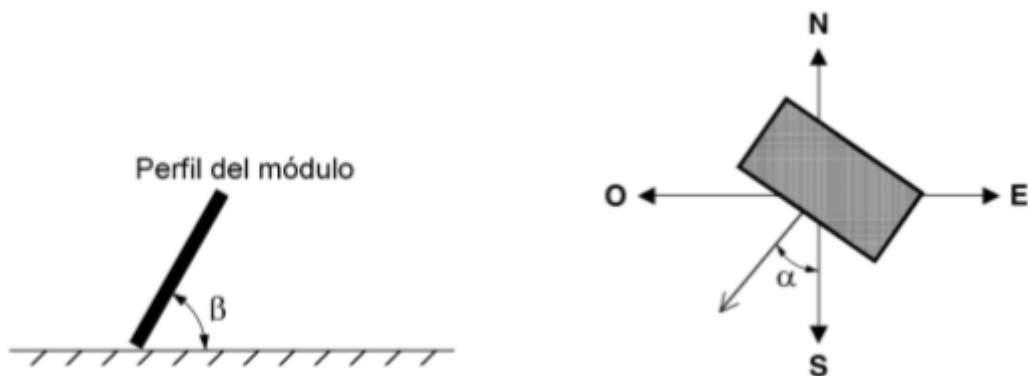


Figura 2.4 Inclinación y orientación de módulos [2]

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Según el “PCT de Instalaciones Aisladas de Red” del IDAE, la orientación óptima α_{opt} coincide con el Sur geográfico y la inclinación óptima β_{opt} depende del periodo de uso de la instalación:

-Si el uso de la instalación es constante a lo largo del año

$$\beta_{opt} = \text{Latitud geográfica}$$

-Si el uso de la instalación es principalmente en invierno

$$\beta_{opt} = \text{Latitud geográfica} + 10^\circ$$

-Si el uso de la instalación es principalmente en verano

$$\beta_{opt} = \text{Latitud geográfica} - 10^\circ$$

La vivienda está situada en una parcela rural en una zona sin relieve y libre de edificios, por tanto libre de sombras circundantes. De este modo, la instalación se realiza orientada hacia el sur, sin desviación en el azimut. Se elige la inclinación preferente al uso en invierno para mejorar los niveles de radiación en la estación más severa, escogiendo 45° de inclinación por ser un valor normalizado en la selección de soportes para paneles solares

Es recomendable trabajar los valores de radiación solar incidente en Horas Solares Pico. Esta magnitud se define como las horas diarias en las que un panel podría estar generando su potencia pico, que se establece cuando recibe una radiación de 1000 W/m^2 . El cambio de base de $\text{W} \cdot \text{h} / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$ a HSP se realiza a partir del siguiente factor de conversión:

$$1 \text{ HSP} = 1000 \text{ W} \cdot \text{h} / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$$

En la tabla 2.5 se muestran los datos de radiación solar incidentes para la orientación e inclinación deseados en valores de radiación en $\text{W} \cdot \text{h} / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$ y HSP. Estos datos se han obtenido mediante el software PVsyst a partir de los valores de radiación solar global sobre superficie expuestos en la tabla 2.3 del presente documento.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$\text{W} \cdot \text{h} / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$	4900	5500	5800	6200	6700	6500	6700	6600	6300	5000	4700	4600
HSP	4,9	5,5	5,8	6,2	6,7	6,5	6,7	6,6	6,3	5,0	4,7	4,6

Tabla 2.5 Valores de radiación solar en la localidad de Pinoso para una orientación de $\alpha=0^\circ$ y $\beta=45^\circ$ en la localidad de Pinoso

Tomaremos como valor de dimensionado el correspondiente al mes de menor radiación solar incidente o mes crítico. En nuestro caso se corresponde con el mes de diciembre.

ANEXO 1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Evaluación del modelo del panel solar.

En la elección del modelo empleado en la vivienda intervienen diversos parámetros como la potencia de pico, la tensión de funcionamiento, las dimensiones del panel o el precio. Dichos factores determinan el número de paneles necesarios para satisfacer la demanda energética y una parte muy importante del precio final de la instalación.

En la tabla 2.6 se muestran distintos modelos de módulos solares según las características antes comentadas.

Modelo	Policristalino BAUER 200 W	Policristalino ERA 280 W	Monocristalino ERA 370 W	Policristalino ERA 335 W	Policristalino TALESUN 270 W
Potencia pico (W)	200	280	370	335	275
Tensión de funcionamiento (V)	12	24	24	24	24
Rendimiento	0,151	0,171	0,19	0,172	0,165
Dimensiones (mm)	1332x992	1650x990	1956x991	1956x992	1650x992
Precio ind. (€)	115,30	127,88	168,49	145,93	129,21

Tabla 2.6 Relación de parámetros de distintos modelos de módulos solares

2.4.3. Inversor

El inversor debe ser capaz de obtener en la salida una potencia equivalente a la previsión de carga de la vivienda. Por tanto, su potencia debe ser, como mínimo, la prevista más la potencia que se pudiese perder por el rendimiento propio del inversor. En el anexo 2, la previsión de carga de la vivienda es de 9200 W.

Por prestaciones obtenidas se ha decidido utilizar un equipo que combine ambas funcionalidades en un solo aparato. El modelo seleccionado para el inversor-regulador es Victron Quattro 10 kV. Sus características se muestran en la tabla 2.7.

Modelo	Victron Quattro
Tipo de onda	Senoidal pura
Potencia nominal (kW)	10
Pico de potencia (kW)	20
Voltaje CA (V)	230
Voltaje CC (V)	48
Rendimiento	96 %
Dimensiones (mm)	470 × 350 × 280
Precio (€)	4042,22

Tabla 2.7 Características del inversor seleccionado

2.4.4. Regulador

Según el “PCT de Instalaciones Aisladas de Red” del IDAE, el regulador de carga debe ser capaz de resistir sin daños sobrecargas simultaneas de un 25 % superior a la corriente de cortocircuito en la línea del generador fotovoltaico, y de un 25 % superior a la corriente máxima en el lado de consumo.

Se opta por emplear tecnología MPPT, que puede trabajar con tensiones distintas en el sistema de almacenamiento y el sistema de generación. El regulador seleccionado es el modelo PC18-8015 F de Must Solar. En la tabla 2.8 se dan las características del regulador.

Modelo	PC 18-8015 F
Voltaje CC (V)	48
Voltaje CA (V)	230
Corriente máx. conversión (A)	80
Rendimiento	98 %
Dimensiones (mm)	152 × 100 × 294
Peso (kg)	3
Precio ind. (€)	257,40 €

Tabla 2.8 Características del regulador seleccionado

2.4.5. Almacenamiento

La tensión de funcionamiento en las baterías debe coincidir con la de los módulos solares si escogemos un regulador de tecnología PWT, por tanto sería necesario asociar tantas celdas como sea necesario para alcanzar el voltaje seleccionado. Esta circunstancia no se da si el regulador es de tecnología MPPT.

Se ha decidido trabajar a 24 V en el lado del almacenamiento, utilizando baterías GEL debido a su durabilidad y ausencia de mantenimiento durante su vida útil. El sistema de almacenamiento consiste en

ANEXO 1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

12 vasos de 2 V conectados en serie entre ellos para conseguir la tensión y corriente deseados. Es importante que todos los vasos sean del mismo modelo. Se ha seleccionado el modelo 12 PVV 1800 de la serie BAE C100. Las características individuales de cada vaso se muestran en la tabla 2.9.

Modelo	12 PVV 1800
Fabricante	BAE C100
Capacidad nominal $C_{20}(A \cdot h)$	1644
Voltaje nominal (V)	2
Dimensiones por vaso (mm)	$215 \times 277 \times 710$
Precio total (€)	7843,20 €

Tabla 2.9 Parámetros de la batería empleada

2.4.6. Cableado

La tensión de trabajo se ha fijado en 48 V para el lado de corriente continua, con tal de reducir la corriente circulante por la instalación. Los paneles solares evaluados son de 12 o 24 V, por tanto es necesario realizar agrupaciones de 4 o 2 paneles en serie, dependiendo del módulo seleccionado, con tal de alcanzar 48 V. Dichas agrupaciones se conectan entre ellas en paralelo hasta alcanzar la potencia necesaria.

Los conductores utilizados son multipolares en los conductores que conectan en serie cada panel, y unipolares en el conductor que une los paneles en paralelo. Por los cables circula corriente continua, por tanto se tiene que incluir un cable positivo y otro negativo. El montaje de los conductores se realiza en canaletas protectoras en montaje superficial, que se corresponde con el método B2 para los multipolares y B para los unipolares, descritos en la instrucción ITC-BT-19. Como la instalación se encuentra a techo descubierto, elegimos EPR o XLPE con cubierta de poliolefina ignífuga, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio. El dimensionado de los conductores y del tubo que los contiene sigue las pautas establecidas en las instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-21.

Los conductores se tienen que señalar distinguiendo el color de su aislante de acuerdo a lo establecido en la instrucción ITC-BT-19.

-Marrón, negro, gris: Reservado para cada fase en conductores activos (en nuestro caso, solamente empleamos una fase).

-Azul claro: Reservado para el conductor neutro.

-Verde-amarillo: Reservado para el CdP.

Los cables unipolares se distinguen por un etiquetado en los extremos de cada conductor.

2.4.7. Protecciones

Cada tramo de cable debe estar protegido tanto para sobrecorrientes como para cortocircuitos. La protección contra sobrecorrientes se realiza mediante interruptores magnetotérmicos y la protección contra cortocircuitos se realiza mediante fusibles. Estas protecciones deben estar al inicio de cada circuito, es decir, tras las placas solares. También se incluyen en el conductor que transmite toda la potencia al inversor, al inicio de este.

Las protecciones contra contactos indirectos se realizan mediante la conexión del inversor en modo flotante. De este modo se garantiza, en el momento que se dé el primer fallo, que no haya corrientes de riesgo. Esta condición solamente se da en caso de que el aislamiento en módulos, cables y masas sea de clase II y que el inversor sea capaz de desconectar la alimentación en el momento de que la resistencia a tierra baje hasta un valor que se a posible la aparición de corrientes peligrosas.

2.4.8. Estructura de soporte

La instalación fotovoltaica se sitúa en el tejado de la vivienda. Al ser esta una cubierta plana y transitable, es necesario disponer de estructuras de soporte que sostengan los módulos solares a la inclinación correspondiente. Para ello se ha optado por una solución comercial. La estructura seleccionada está compuesta por varios componentes independientes, todos ellos facilitados por el fabricante. Además la estructura es totalmente modular, de modo que es posible ampliar la instalación de manera indefinida y sin ningún inconveniente de montaje mediante conectores de carril independientes. En la tabla 2.10 se describen las características de la estructura y en la tabla 2.11 se describen las características de los conectores de carril.

ANEXO 1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Modelo	Estructura para 3 placas suelo	
Fabricante	Würth	
Referencia	ESUE3	
Componentes	Correa carril Würth ALU ZEBRA 3150 mm	× 2
	Grapa intermedia Würth ALU ZEBRA	× 4
	Grapa final Würth ALU ZEBRA	× 4
	Tornillo Martillo M8 x 30	× 8
	Arandela M8	× 8
	Tuerca tensilock A2 M8	× 8
	Ángulo Unión carril ALU SOLAR 40	× 4
	Pata soporte 45°	× 2
Capacidad ind.	3 paneles	
Altura máx paneles	2 m	
Ángulo de inclinación	45°	
Material	Aluminio	
Precio ind. (€)	114,95 €	

Tabla 2.10 Características del soporte seleccionado

Modelo	Conector de carril ALU ZEBRA 47 × 37
Fabricante	Würth
Referencia	CONZE
Compatible con:	Carril de montaje 47 × 37 / 60 × 37
Dimensiones (mm)	195 × 24 × 35
Unidades para unión	2
Material	Aluminio
Precio (€)	5,45

Tabla 2.11 Características de los conectores de carril para la unión de estructuras

Entre las filas de módulos es necesario guardar una cierta distancia para evitar que la sombra de la fila anterior influya en el rendimiento de la fila de los módulos en cuestión. En el “PCT de Instalaciones Conectadas a Red” se expone que esta distancia debe cumplir con:

$$d \geq \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})} \quad (2)$$

d (m) = Distancia mínima entre filas de módulos

h (m) = altura del módulo con la inclinación correspondiente

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Para el módulo monocristalino ERA 370 W, $d \geq 3,26$ m. En la figura 2.12 se puede ver la disposición de los paneles solares en el tejado del edificio, y el cable que une en paralelo todo el conjunto.

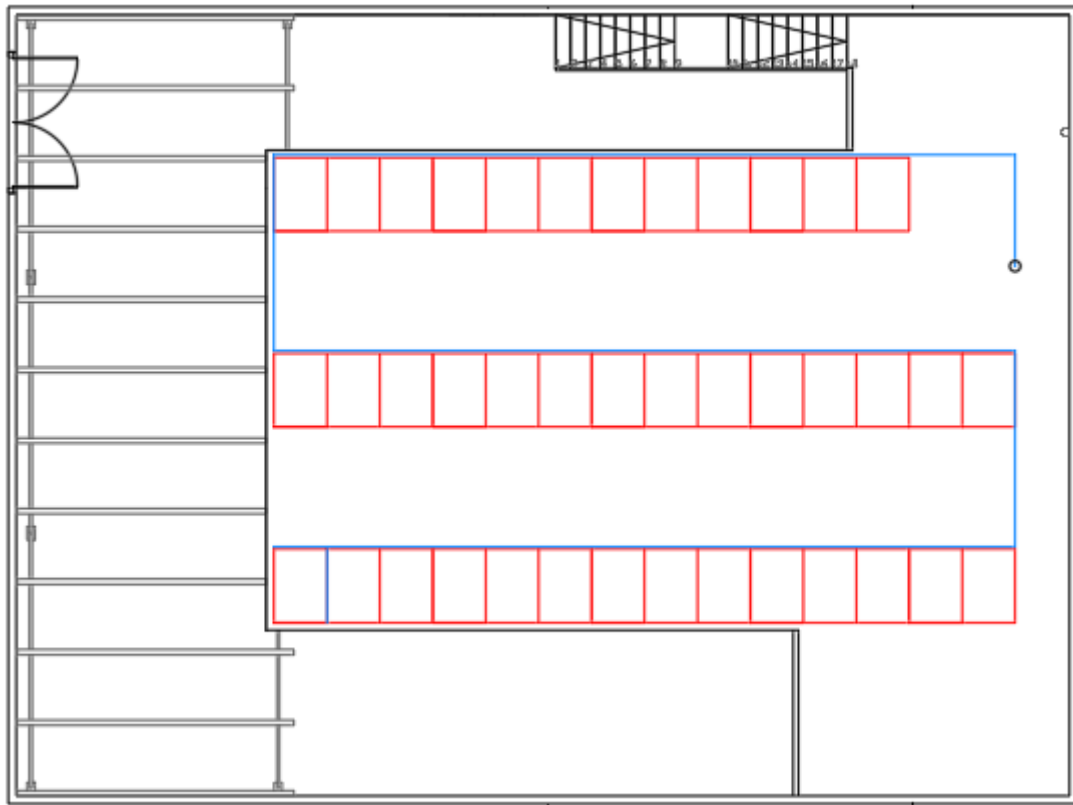


Figura 2.12 Disposición de la instalación fotovoltaica sobre el tejado (en rojo) y conductor que une la instalación (en azul).

2.5. Cálculos de la instalación

2.5.1. Cálculo de la energía demandada en instalación fotovoltaica

La corriente demandada por la vivienda se calcula a partir de la energía con la siguiente fórmula:

$$C_{req} = \frac{E_{demandada}}{V_{Ncc}} \quad (3)$$

$E_{demandada} (W \cdot h/día)$ = Demanda energética diaria de la vivienda

$V_{Ncc} (V)$ = Tensión de trabajo en el lado de continua (48 V en nuestro caso)

$C_{req} (A \cdot h/día)$ = Corriente requerida por la vivienda

Las pérdidas del sistema se evalúan mediante coeficientes ya tipificados que se corresponden con esta expresión:

ANEXO 1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

$$K_T = [1 - (K_b + K_c + K_r + K_v)] \cdot \left[1 - \frac{K_a \cdot D_{autonomía}}{P_{descarga}} \right] \quad (4)$$

K_T = Coeficiente total de pérdidas

K_b = Coeficiente relativo al calor generado por baterías (7 %)

K_c = Coeficiente relativo a la eficiencia del convertidor (4 %)

K_r = Coeficiente relativo a la eficiencia del convertidor (2 %)

K_v = Coeficiente relativo a factores como efecto Joule, envejecimiento de baterías...(10 %)

K_a = Coeficiente relativo a la autodescarga de baterías (0,5 %)

$D_{autonomía}$ = Días autonomía (3 días según reglamento)

$P_{descarga}$ = Profundidad de descarga (80 % según reglamento)

El reglamento referido en las magnitudes anteriores es el “PCT de Instalaciones Aisladas de Red” del IDAE.

La corriente que debe generar el sistema fotovoltaico se corresponde con la siguiente:

$$C_{min} = \frac{C_{req}}{K_T} \quad (5)$$

C_{req} (A · h/día) = Corriente requerida por la vivienda

C_{min} (A · h/día) = Corriente mínima necesaria en la instalación generadora

2.5.2. Cálculo de la energía producida por la instalación generadora y determinación del número de paneles necesarios

La corriente que se puede obtener diariamente por panel es la correspondiente con la siguiente expresión:

$$C_{panel} = \frac{HSP \cdot P_{pico} \cdot \eta}{V_{Npanel}} \quad (6)$$

C_{panel} (A · h/día) = Energía suministrada diariamente por panel

HSP = Radiación solar incidente diaria

P_{pico} (W) = Potencia pico suministrada por panel

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

η = Rendimiento del panel

V_{Npanel} = Tensión de trabajo del panel

El número de paneles necesarios para satisfacer la demanda energética de la vivienda se obtiene con la siguiente fórmula:

$$N_{paneles} = \text{múltiplo de 2 o 4 inmediatamente superior de } \left\{ \frac{C_{\min}}{C_{panel}} \right\} \quad (7)$$

Dependiendo de la tensión de trabajo del módulo solar el número necesario de paneles será múltiplo de 2 (si los paneles son de 24 V) o de 4 (si los paneles son de 12 V).

2.5.3. Dimensionado del sistema de almacenamiento

Según “PTC de Instalaciones Aisladas de Red” del IDAE, el sistema de almacenamiento debe tener una capacidad mínima según la siguiente expresión:

$$C_N = \frac{D_{autonomía} \cdot C_{req}}{P_d \cdot \eta_{inv_reg}} \quad (8)$$

$C_N (A \cdot h)$ = Capacidad nominal del acumulador. Se suele tomar como parámetro de referencia C_{20} , que es la energía extraída de la batería tras 20 horas de uso, hasta que la tensión entre terminales llegue a 1,8 V/vaso.

$D_{autonomía}$ = Días autonomía

$C_{req} (A \cdot h/día)$ = Corriente requerida por la vivienda

P_d = Profundidad de descarga

η_{inv} = Rendimiento conjunto del inversor y del regulador (en nuestro caso, 0,94)

El sistema de almacenamiento debe tener una capacidad mínima de $C_N = 1605,72 A \cdot h$. El sistema completo y el modelo escogido aparecen en el apartado 2.4.5 del presente documento.

2.5.4. Cálculo de la corriente de circulación en conductores

Los cables empleados son unipolares, con aislamiento en PVC y el montaje empleado se corresponde con el método B. La corriente de circulación es continua. El esquema de conexión establece agrupaciones de 2 o 4 módulos solares (dependiendo si son de 12 o 24 V) conectados en serie, y conectados entre ellos y con el inversor-regulador en paralelo. Establecemos dos secciones de cable empleadas:

ANEXO 1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

·**Sección para unión en serie:** Cuya corriente de circulación se corresponde con la denominada C_{panel}

de la tabla 1.17 correspondiente al módulo seleccionado, pero que debe cambiarse de base mediante la siguiente fórmula:

$$C'_{panel} = \frac{C_{panel}}{HSP} \quad (9)$$

C'_{panel} (A) = Corriente de circulación por panel

C_{panel} (A · h/día) = Energía suministrada diariamente por panel

HSP = Radiación solar incidente diaria

Los conductores con esta sección miden 1 m de longitud.

·**Sección para unión en paralelo:** Cuya corriente de circulación depende del módulo solar seleccionado y se corresponde con la siguiente fórmula:

$$C_{Total} = \frac{N_{paneles} \cdot C'_{panel}}{paneles\ en\ serie} \quad (10)$$

C_{Total} (A) = Corriente de circulación en el cable de unión entre los módulos solares e inversor

$N_{paneles}$ = Número de paneles empleados

C'_{panel} (A) = Corriente de circulación por panel

paneles en serie = N° de paneles en serie para alcanzar la tensión de trabajo (en nuestro caso 2 o 4, dependiendo si el módulo es de 24 o 12 V respectivamente)

El conductor con esta sección mide 52,26 m de longitud. Dicho conductor se utiliza también para unir el regulador con el inversor y con el sistema de almacenamiento. La corriente total se debe mayorar en 1,25 al obtener la sección por criterio térmico según lo estipulado por la instrucción ITC-BT-40.

2.5.5. Determinación de la sección de conductores

El dimensionado de los conductores sigue las pautas de la instrucción ITC-BT-19. En ella se establecen dos criterios a cumplir por parte de los conductores evaluados:

·*Criterio térmico*

Basado en la resistencia térmica del aislante del conductor. En la tabla 1 de la instrucción ITC-BT-19 se recogen las intensidades máximas admisibles (A) para cada valor comercial de sección de conductor, en

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

función del número de conductores con carga del cable, la naturaleza del aislante y el método de instalación. Estos valores vienen referidos a una temperatura de 40 °C. La tabla 1 de la instrucción coincide con la tabla 2.13 del presente documento.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos ¹⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
B2		Cables multiconductores en tubos ¹⁾ en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁾					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
E		Cables multiconductores al aire libre ²⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0.3D ³⁾						3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾						3x PVC			3x XLPE o EPR ¹⁾			
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁶⁾								3x PVC ¹⁾		3x XLPE o EPR		
Cobre			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
			70				149	160	171	188	202	224	244	321
			95				180	194	207	230	245	271	296	391
			120				208	225	240	267	284	314	348	455
			150				236	260	278	310	338	363	404	525
			185				268	297	317	354	386	415	464	601
			240				315	350	374	419	455	490	552	711
			300				360	404	423	484	524	565	640	821

Tabla 2.13 Intensidades admisibles a 40 °C, en función del número de conductores activos del cable, la naturaleza del aislante y el método de instalación [1]

Se usaron los valores de C'_{panel} para obtener la sección correspondiente a la unión en serie; y C_{Total} para determinar ambas secciones. La corriente máxima admisible por cable la identificamos con I_z .

·Criterio de caída de tensión

Basado en el mantenimiento de un valor de tensión aceptable al final de la línea, que garantice el uso adecuado de la misma. Según la ITC-BT-40, la CdT máxima en la toda la instalación generadora no debe superar el 1,5%. El valor de CdT para un circuito en corriente continua cuya carga se encuentra al final de la línea se corresponde con la siguiente expresión:

ANEXO 1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

$$e(\%) = \frac{2 \cdot l \cdot C}{c \cdot S \cdot U_N} \cdot 100 \quad (11)$$

$e(\%)$ = CdT en el conductor

$l(m)$ = longitud de la línea

$C(A)$ = Corriente de circulación (C_{panel} o C_{Total} , dependiendo de si evaluamos la sección correspondiente a la unión en serie o a la unión en paralelo)

$c\left(\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}\right)$ = Conductancia del material (en nuestro caso, cobre a 20°C, $c = 58 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$)

$S(mm^2)$ = Sección del conductor

$U_N(V)$ = Tensión de trabajo en el lado de corriente continua (48 V en nuestro caso).

2.5.6. Cálculo de conductor de protección

El dimensionado del CdP sigue las indicaciones de la instrucción ITC-BT-19. La sección del CdP es función de la sección del conductor activo según la tabla 2.14:

Sección del conductor activo (mm^2)	Sección del CdP (mm^2)
$S^1 \leq 16$	S
$16 < S \leq 32$	16
$S \geq 32$	S / 2

Tabla 2.14 Sección del CdP en función de la sección del conductor activo

2.5.7. Cálculo de corrientes de cortocircuito

Como valor de cálculo se emplea la corriente de cortocircuito máxima, es decir, la obtenida en caso de tener un cortocircuito en el origen de la línea. La corriente de cortocircuito mínima se correspondería con la obtenida en el punto más alejado de la línea, y se considera que es el mismo punto eléctrico que el origen del siguiente circuito, de modo que coinciden las corrientes de cortocircuito mínima y máxima respectivamente. Estas corrientes vienen determinadas por la siguiente fórmula:

$$I_{cc} = \frac{U_N}{\sum Z_k} \quad (12)$$

$I_{cc}(A)$ = Corriente de cortocircuito

¹ S corresponde a la sección del conductor activo

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

U_N (V) = Tensión de red (en nuestro caso, 230 V monofásico)

Z_k (Ω) = Impedancia de cada elemento anterior al punto de estudio

La impedancia de cortocircuito de cada elemento se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$Z_k = R_L + jX_L \quad (13)$$

Z_k (Ω) = Impedancia del conductor

R_L (Ω) = Resistencia del conductor

X_L (Ω) = Reactancia del conductor

Para el cálculo de la resistencia de dichos cables tomamos la definición de la magnitud. En el caso de la impedancia se ha tomado un valor convencional de cálculo para cables unipolares. Para $S < 130 \text{ mm}^2$, el valor de la impedancia se considera despreciable.

$$R_L = \rho \cdot \frac{L}{S} \quad (14)$$

$$X_L = 130 \text{ m}\Omega / \text{km} \quad (15)$$

ρ ($\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$) = Resistividad del cable (consideramos constante el valor para 20 °C, $\rho = \frac{1}{58} \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$)

L (m) = Longitud del conductor

S (mm^2) = Sección del conductor

En todo caso, la potencia máxima de cortocircuito se corresponde, para este caso, con la potencia máxima que puede aportar la instalación fotovoltaica. Dicha potencia equivale a la siguiente fórmula.

$$P_{cc} = U_N \cdot I_{cc} = Z_k \cdot I_{cc}^2 \quad (16)$$

P_{cc} (W) = Potencia de cortocircuito, (370 W por panel, 15540 W la instalación completa)

U_N (V) = Tensión de funcionamiento (en nuestro caso 48 V)

I_{cc} (A) = Corriente de cortocircuito

Z_k (Ω) = Impedancia de conductor o de elemento del circuito

Con la expresión (8) se puede calcular la $I_{cc,m\acute{a}x}$ en la LGA, y la Z_k que nos ofrecen los paneles.

ANEXO 1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

2.5.8. Dimensionado de protecciones

En todos los circuitos utilizamos interruptores magnéticos como protección frente sobrecargas y cortocircuitos. Ambos elementos se dimensionan de acuerdo con ITC-BT-22 y ITC-BT-23.

·Protección contra sobrecargas

Debe cumplir dos condiciones:

$$\mathbf{C1: } I_b < I_N < I_z \quad (17)$$

$$\mathbf{C2: } I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (18)$$

$I_b(A)$ = Corriente prevista por circuito

$I_z(A)$ = Corriente máxima admisible por circuito

$I_2(A)$ = Corriente convencional que asegura el disparo del dispositivo de protección

Dependiendo de si trabajamos con fusibles o con magnetotérmicos, el parámetro I_2 puede tomar valores diferentes:

Fusible $\rightarrow I_2 = 1,6 \cdot I_z$

Interruptor magnetotérmico $\rightarrow I_2 = 1,45 \cdot I_z$

·Protección contra cortocircuitos

Debe cumplir dos condiciones:

$$\mathbf{C1: } PdC > I_{cc,m\acute{a}x} \quad (19)$$

$$\mathbf{C2: } I_{cc,m\acute{i}n} \leq I_c \quad (20)$$

$I_{cc,m\acute{a}x}(A)$ = Corriente máxima de cortocircuito

$I_{cc,m\acute{i}n}(A)$ = Corriente mínima de cortocircuito

$PdC(A)$ = Poder de corte del dispositivo de protección

$I_c(A)$ = Corriente convencional que asegura el disparo del dispositivo de protección

Dependiendo de si trabajamos con fusibles o con magnetotérmicos, la magnitud I_c se refiere a parámetros distintos:

Fusible $\rightarrow I_c = I_{f5}$ siendo I_{f5} la corriente que ocasiona que el fusible se dispare en 5 s

Interruptor magnetotérmico $\rightarrow I_c = (5, 10) \cdot I_N$, para dispositivos de curva C

2.5.9. Dimensionado de la protección contra contactos directos e indirectos

En caso de fallo, el inversor debe cortar la corriente si la resistencia a tierra disminuye por debajo de un valor determinado. Dicho valor se corresponde con la siguiente expresión:

$$R_t < \frac{U_L}{I_s} \quad (21)$$

$R_t(\Omega)$ = Resistencia a tierra

$U_L(V)$ = Tensión límite convencional (55,2 V en modo de flotación del inversor)

$I_s(A)$ = Sensibilidad de la protección diferencial (30 mA para el sector residencial)

Como no hay interruptor diferencial, el inversor debe cortar la corriente cuando la resistencia del aislamiento no cumpla la siguiente especificación:

$$R_{ais} > 40 \cdot V_{G,m\acute{a}x} - 1000 \quad (21)$$

$R_{ais}(\Omega)$ = Resistencia del aislamiento

$V_{G,m\acute{a}x}(\Omega)$ = Tensión de generación en circuito abierto, mayorada al 125 % (120,75 V para nuestra instalación).

Cumpliendo esta condición se asegura que ninguna corriente de derivación será superior a 30 mA.

2.6. Resultados

En este apartado se dan valores numéricos de los parámetros establecidos en el apartado de cálculo. Las magnitudes de las tablas hacen referencia a los expuestos anteriormente en el desarrollo de la resolución.

2.6.1. Factor de pérdidas y potencia mínima a instalar

Para la tensión seleccionada obtenemos un a valor de corriente mínima necesaria en el sistema de generación. En la tabla 2.15 se muestra dicho resultados.

ANEXO 1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

$E_d (W \cdot h/día)$	K_T	$V_{Ncc}(V)$	$C_{req} (A \cdot h/día)$	$C_{mín} (A \cdot h/día)$
9660	0,755	48	201,25	266,36

Tabla 2.15 Corriente requerida en vivienda y mínima generada por la instalación fotovoltaica

2.6.2. Selección del modelo de módulo solar empleado

En la tabla 2.16 se muestran los factores de decisión que intervienen en la selección del módulo solar empleado. Visto que todos los módulos ofrecen garantías similares de funcionamiento, se elige la opción más económica intentando minimizar el espacio empleado.

Modelo	Policristalino BAUER 200 W	Policristalino ERA 280 W	Monocristalino ERA 370 W	Policristalino ERA 335 W	Policristalino TALESUN 270 W
Potencia pico(W)	200	280	370	335	275
Tensión de funcionamiento (V)	12	24	24	24	24
Rendimiento	0,151	0,171	0,19	0,172	0,165
HSP	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
C_{panel}	11,58	9,18	13,47	11,04	8,70
$N_{paneles}$	96	60	40	50	62
Precio ind. (€)	115,30	127,88	168,49	145,93	129,21
Precio total (€)	11068,80	7672,80	6739,60	7296,50	8011,02

Tabla 2.16 Selección del módulo solar

Se selecciona el modelo monocristalino ERA 370 W, siendo el modelo de módulo solar que más reduce tanto precio de la instalación como cantidad de módulos empleados.

2.6.3. Dimensionado de conductores

El dimensionado de conductores se realiza siguiendo el criterio térmico para obtener una sección del conductor. Mediante el criterio de caída de tensión se comprueba que esta permanece por debajo de los valores estipulados para cada caso, y por tanto, la sección calculada es válida.

En la tabla 2.17 se muestran los resultados del cálculo. El parámetro $I(A)$ es el correspondiente a la corriente de circulación, por tanto en la unión en serie hace referencia a C'_{panel} mientras que en la unión en paralelo hace referencia a C_{Total} .

Circuito	$I(A)$	$S_{\text{cond_activo}}$ (mm ²)	S_{CdP} (mm ²)	$I_z(A)$	e (%)	Dimensiones canaleta (mm)
Unión en serie	2,93	2,5	2,5	25	0,202	12 × 12
Unión en paralelo	58,58 ²	70	35	224	3,14	16 × 16

Tabla 2.17 Secciones y caídas de tensión obtenidas

La CdP en el circuito es bastante mayor que la máxima admisible según la instrucción ITC-BT-40. No obstante, la CdT se encuentra sobredimensionada al considerar que la carga se encuentra totalmente al final de la línea. Teniendo en cuenta esto y que la CdT de la instalación interior es bastante más reducida que el límite estipulado, podemos considerar que la sección es correcta.

2.6.4. Dimensionado de protecciones

En el caso de estudio se emplean interruptores magnetotérmicos para la protección contra sobrecorrientes y fusibles como protección contra cortocircuitos. En la tabla 2.18 se muestran los parámetros referentes a los interruptores magnetotérmicos y en la tabla 2.19 los parámetros referentes a fusibles.

Circuito	$I(A)$	$I_z(A)$	$I_N(A)$
Unión en serie	2,93	25	10
Unión en paralelo	62	224	150

Tabla 2.18 Parámetros referentes al dimensionado de interruptores magnetotérmicos

Para nuestro caso, al trabajar con secciones reducidas, se puede considerar al cable como puramente resistivo.

Circuito	$Z_K(\Omega)$	$I_{cc,m\acute{a}x}(A)$	$I_{cc,m\acute{i}n}(A)$	$PdC(A)$	$I_c(A)$
Unión en serie	0,016	7,71	7,69	20	5
Unión en paralelo	0,01	397,24	395,61	750	350
Paneles	6,23	-	-	-	-

Tabla 2.19 Parámetros referidos al dimensionado de fusibles

Con tal de proteger la instalación contra contactos indirectos, la resistencia mínima del aislamiento debe ser:

$$R_{ais}(\Omega) = 3880 \Omega$$

De esta manera se confirma que ninguna corriente de derivación será superior a 30 mA.

² Para calcular la sección por criterio térmico, $I = 73,23 A$

ANEXO II. Instalación en Baja Tensión

Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible

Contenido

3.1.	Objeto	3
3.2.	Características generales	3
3.2.1.	Suministro energético.....	3
3.2.2.	Grado de electrificación de la vivienda	3
3.2.3.	Previsión de carga del edificio	4
3.2.4.	Esquema eléctrico.....	5
3.3.	Descripción de la instalación.....	6
3.3.1.	Caja de protección y medida.	6
3.3.2.	Línea General de Alimentación.....	7
3.3.3.	Canalizaciones.....	8
3.3.4.	Conductores.....	9
3.3.5.	Montaje de circuitos interiores	9
3.3.6.	Tomas de corriente	10
3.3.7.	Aparatos de conexión y corte	10
3.3.8.	Protección contra contactos indirectos y tomas a tierra	10
3.3.9.	Estación de recarga para vehículo eléctrico.	12
3.4.	Circuitos interiores	13
3.4.1.	Puntos de utilización por estancia	13
3.4.2.	Descripción de circuitos interiores	16
3.5.	Cálculos de la instalación	17
3.5.1.	Cálculo de corriente de circulación por toma.....	17
3.5.2.	Factores de simultaneidad y utilización; cálculo de corriente de circulación por circuito .	17
3.5.3.	Dimensionado de conductores activos	18
3.5.4.	Cálculo de conductor neutro y conductor de protección	20
3.5.5.	Cálculo de corrientes de cortocircuito.....	20
3.5.6.	Dimensionado de las protecciones	21
3.5.7.	Dimensionado del electrodo de la puesta a tierra	23
3.6.	Resultados	24

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

3.6.1.	Dimensionado de conductores.....	24
3.6.2.	Dimensionado de protecciones.....	26
3.6.3.	Dimensionado de puesta a tierra.....	27

ANEXO 2. Instalación en Baja Tensión

3.1. Objeto

El presente anexo tiene como objetivo definir al completo la instalación eléctrica interior correspondiente a la vivienda unifamiliar autosuficiente energéticamente. La autosuficiencia energética es llevada a cabo mediante una instalación de generación fotovoltaica y almacenamiento energético en baterías. También se contempla la instalación de una estación de recarga para vehículos eléctricos.

Para el desarrollo del presente documento se consideran los receptores básicos que garanticen la confortable habitabilidad de la vivienda, teniendo en cuenta la normativa vigente y las disposiciones legales pertinentes.

3.2. Características generales

3.2.1. Suministro energético

La electricidad utilizada es generada en la instalación fotovoltaica de la vivienda con independencia de la red de distribución. De este modo, en horas de generación, la energía proviene directamente de los paneles solares. La energía solamente proviene del sistema de almacenamiento mientras no sea posible cubrir la demanda eléctrica con la energía generada en ese instante.

Los paneles fotovoltaicos dan una tensión en corriente continua de 12 V, que se transforma en 230 V fase-neutro en corriente alterna por medio de inversores para dar una tensión apta de servicio.

3.2.2. Grado de electrificación de la vivienda

Según la instrucción ITC-BT-10, se establecen dos grados de electrificación para viviendas según la previsión de potencia de la misma. Para que se dé el grado de electrificación elevada son necesarias que se den, al menos, una de las siguientes situaciones.

- Que se supere la previsión de aparatos electrodomésticos básicos.
- Que haya una previsión de instalar un sistema de calefacción o de aire acondicionado.
- Que la superficie de la vivienda supere los 160 m².
- Que haya una previsión de instalar una estación de recarga de vehículo eléctrico.

Como la vivienda de estudio cumple todas las condiciones señaladas, la potencia a instalar no será inferior a 9200 W a 230 V fase-neutro.

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

3.2.3. Previsión de carga del edificio

La previsión de carga del edificio se corresponde con la capacidad máxima de la instalación. Para ello, suponemos en funcionamiento y a plena carga todos los elementos presentes en la instalación. Tomamos como valores de referencia valores tipificados de consumo para cada elemento en cuestión. En la tabla 3.1 se exponen todos los consumos previsibles para una vivienda de las mismas características que la de estudio.

Elemento	Nº de tomas	Potencia por toma (W)	Potencia consumida (W)
Iluminación	21	15	315
Televisor	2	80	160
Frigorífico	1	70	70
Electrodomésticos	3	500	1500
Lavadora	1	400	400
Termo	1	400	400
Calefacción	1	1000	1000
Aire acondicionado	1	1000	1000
Secadora	1	400	400
Estación de recarga de vehículo eléctrico	1	4600	4600
TOTAL	-	-	9845

Tabla 3.1 Relación de equipos presentes y energía consumida

A la vista de los resultados obtenidos, y considerando que los valores prefijados están lo suficientemente sobredimensionado y que la instalación hipotéticamente no funcionará nunca a plena potencia, podemos considerar a efectos de cálculo la potencia correspondiente al grado de electrificación elevada como la previsión de carga (9200 W).

3.2.4. Esquema eléctrico

Según la instrucción ITC-BT-10, el esquema empleado para una vivienda de carácter unifamiliar es el que se recoge en la figura 3.2.

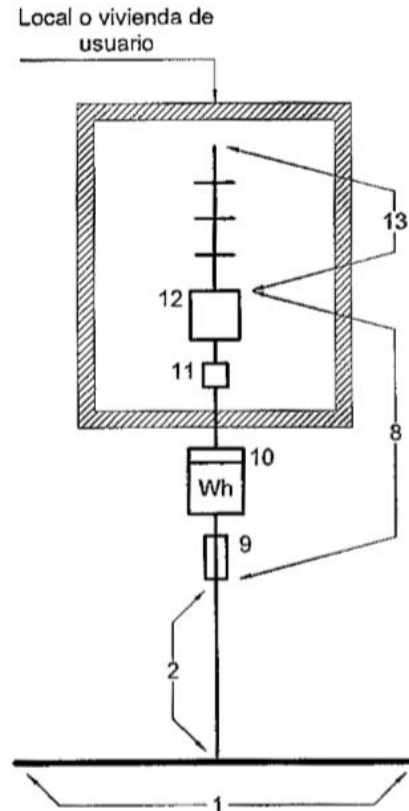


Figura 3.2 Esquema eléctrico para viviendas unifamiliares en general [1]

1. Red de distribución
2. Acometida
8. Derivación individual (LGA para la figura 2.3)
9. Fusible de seguridad
10. Contador
11. Caja de interruptor de control de potencia
12. Dispositivos generales de mando y protección
13. Instalación interior

Al ser una vivienda autosostenible, la red de distribución y la acometida no se encuentran presentes, siendo el esquema de la figura 3.3 el utilizado en la instalación.

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

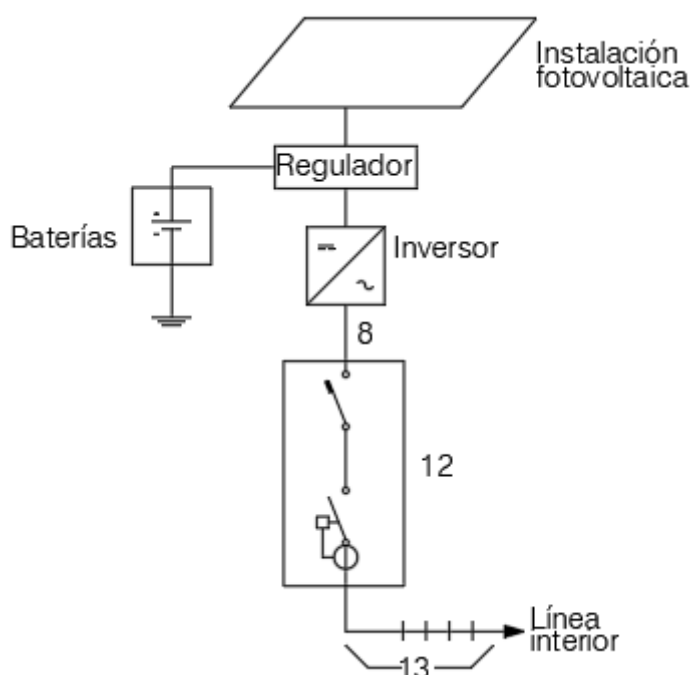


Figura 3.3 Esquema eléctrico para vivienda unifamiliar autosostenible mediante placas fotovoltaicas

La numeración utilizada en la figura 2.3 para identificar los distintos elementos se corresponde con la utilizada con la figura 2.2. No todos los elementos del esquema se ajustan a su definición en el REBT por la condición de vivienda autosostenible de nuestra instalación, pero se han escogido dichos términos por analogía a una instalación conectada a red. El esquema completo de la instalación se encuentra en el documento planos.

3.3. Descripción de la instalación

3.3.1. Caja de protección y medida.

Según el apartado 2 de la instrucción ITC-BT-13, en caso de existir solamente un único usuario de la instalación es posible sustituir la Caja General de Protecciones y el Contador por una CPM.

La CPM debe ser instalada en un lugar libre de permanente acceso, lo más cercano posible al sistema de almacenamiento energético, con el objetivo de minimizar la longitud de los conductores. El tipo de CPM a utilizar se corresponde con uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de las empresas suministradoras aprobadas por la administración pública competente. Según la normativa establecida por IBERDROLA, la CPM adecuada para un suministro monofásico de hasta 63 A con un solo contador y empotrada en un muro de la vivienda se corresponde con la CPM1-D2-M. En la figura 3.4 se muestra dicha CPM.

La caja debe ser precintable y cumplir con la Norma UNE-EN 60.439-1, tener un grado de inflamabilidad de acuerdo con UNE-EN 60.439-3 y una vez instalada, tener un grado de protección IP43 según UNE

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

20.324 e IK09 según UNE-EN 50.102. La envolvente debe disponer de la ventilación interna necesaria para evitar condensaciones. El material transparente de la lectura debe ser resistente a la acción de la luz ultravioleta.

El equipo de medida debe estar a una altura comprendida entre 0,7 y 1,8 m. Será un contador monofásico bidireccional. Los fusibles generales alojados en el interior de la CPM se dimensionan en función de la corriente existente, con un calibre mínimo de 40 A.

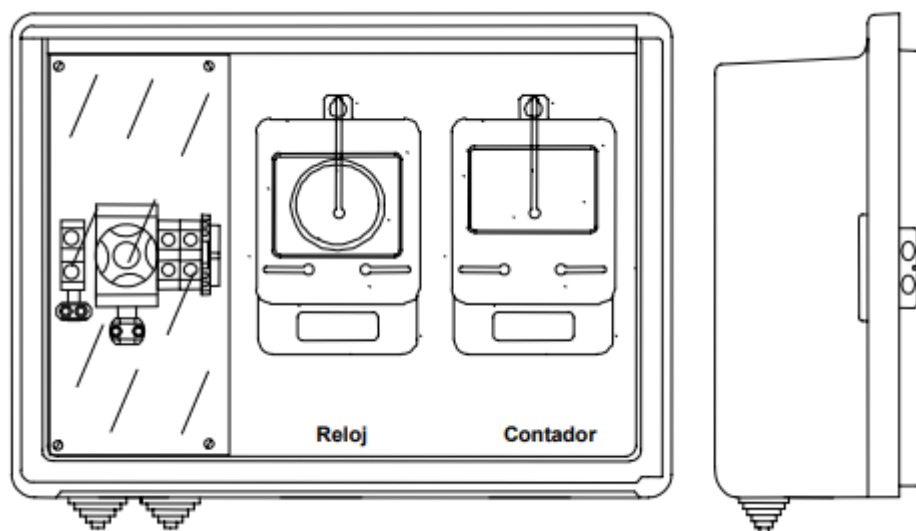


Figura 3.4 CPM1-D2-M [4]

3.3.2. Línea General de Alimentación

Es la línea que une el inversor con la CPM. El dimensionado de la LGA sigue las indicaciones de la instrucción ITC-BT-14.

Para nuestro caso, el cable debe estar constituido por un conductor activo monofásico, el cable de neutro y el CdP, siendo su sección uniforme exceptuando los elementos de protección. El montaje será en conductor unipolar aislado en tubos empotrados en paredes aislantes en prácticamente toda su longitud. Se establece una longitud de 1,55 m como máximo para la derivación individual.

Para el dimensionado de la LGA consideramos como potencia de cálculo la correspondiente a la potencia nominal del inversor, teniendo en cuenta que el inversor-regulador seleccionado posee una potencia nominal de 10 kW y un rendimiento del 96 %. De este modo, la potencia de cálculo es de 9600 W. Su dimensionado se realiza a partir de lo expuesto en la instrucción ITC-BT-19. La sección de neutro y el diámetro del tubo que los contiene vienen definidos en la tabla 1 de la instrucción ITC-BT-14, que coincide con la tabla 3.5 del presente documento.

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

Secciones (mm ²)		Diámetro exterior de los tubos (mm)
FASE	NEUTRO	
10 (Cu)	10	75
16 (Cu)	10	75
16 (Al)	16	75
25	16	110
35	16	110
50	25	125
70	35	140
95	50	140
120	70	160
150	70	160
185	95	180
240	120	200

Figura 3.5. Sección de neutro y diámetro exterior de tubo para LGA [1]

3.3.3. Canalizaciones

El dimensionado de las canalizaciones de los conductores sigue las indicaciones de la instrucción ITC-BT-21, según la cual, los tubos deben tener un diámetro tal que facilite el alojamiento y extracción de cables. El montaje utilizado en la LGA y los circuitos interiores se corresponde con conductores aislados unipolares en tubos empotrados en paredes aislantes, de modo que el diámetro de tubo empleado para cada circuito interior viene definido en la tabla 5 de la citada instrucción, que se corresponde con la tabla 3.6 de este documento. Las características físicas de los tubos vienen definidas en la tabla 3 de la instrucción ITC-BT-21, que se corresponde con la tabla 3.7 de este documento.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	—
150	50	63	75	—	—
185	50	75	—	—	—
240	63	75	—	—	—

Figura 3.6 Diámetro de tubos en función de la sección nominal para conductor unipolar en canalizaciones empotradas en paredes aislantes en huecos de construcción [1]

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Figura 3.7 Características físicas de tubos en canalizaciones empotradas en paredes aislantes en huecos de construcción [1]

3.3.4. Conductores

De acuerdo con las instrucciones ITC-BT-14, e ITC-BT-25; el conductor utilizado debe ser de cobre y con una tensión asignada de 450/750 V para los cables de CI y 0,6/1 kV para los cables de la LGA. Como previsiblemente la vivienda no debe tener ningún nivel de humedad elevada, es posible utilizar cables con aislante EPR, XLPE o similar, con recubrimiento de poliolefina ingnifugada, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio. Utilizamos conductores multipolares, excepto en la LGA, que utilizaremos conductores unipolares. Los conductores multipolares se tienen que señalar distinguiendo el color de su aislante de acuerdo a lo establecido en la instrucción ITC-BT-19.

-Marrón, negro, gris: Reservado para cada fase en conductores activos (en nuestro caso, solamente empleamos una fase).

-Azul claro: Reservado para el conductor neutro.

-Verde-amarillo: Reservado para el CdP.

Los conductores unipolares se señalizan con un etiquetado en los extremos.

3.3.5. Montaje de circuitos interiores

Todos los circuitos considerados en la instalación eléctrica de BT son interiores. Atendiendo a las características particulares de la vivienda se considera que el sistema más apropiado de los incluidos en la instrucción ITC-BT-20 es el de conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes. Este sistema se corresponde con el método A2 descrito en la instrucción ITC-BT-19 para el dimensionado de líneas siguiendo el criterio térmico. Para la LGA, el uso de cables unipolares se corresponde con el método A de instalación.

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

3.3.6. Tomas de corriente

Se emplean tomas de corriente de 16 A y 25 A para cada circuito interior según lo estipulado en la instrucción ITC-BT-25. Las tomas de corriente siguen la normativa UNE 20315, y tienen la forma fijada en las figura C2a y ESB 25-5A de la citada norma, para las tomas de 16 A 2p+T y 25 A 2p+T respectivamente. Dichas figuras aparecen representadas en la figura 3.8 del presente documento.



Figura 3.8 Formas fijadas para las tomas de corriente de 16 A 2p+T y 25 A 2p+T [5]

El circuito interior C13 destinado a la estación de recarga de vehículo dispone de una toma de corriente específica para dicho fin. Dicha toma aparece descrita en el subapartado 2.3.6 correspondiente a la estación de recarga para vehículo eléctrico del presente documento.

3.3.7. Aparatos de conexión y corte

Los aparatos de protección deben ser instalados en el origen de cada circuito, en los conductores activos de los mismos. Para proteger contra sobrecorrientes se emplean interruptores automáticos magnetotérmicos, mientras que la protección contra cortocircuitos se realiza mediante fusibles. Los magnetotérmicos utilizados son de tipo C. En los circuitos interiores, la intensidad nominal mínima de los magnetotérmicos viene determinada en la tabla 1 de la instrucción ITC-BT-25. Los dispositivos empleados deben cumplir la norma UNE 20.460-4-43.

3.3.8. Protección contra contactos indirectos y tomas a tierra

Para la protección contra contactos indirectos se emplea un sistema de puesta a tierra conjuntamente con un interruptor diferencial, que se encarga de abrir el circuito en caso de que una corriente de fuga pueda resultar peligrosa. Este se dimensiona a partir de las indicaciones expuestas en la instrucción ITC-BT-24. La sensibilidad del interruptor diferencial debe ser igual a 30 mA para usos residenciales según la instrucción ITC-BT-25.

La puesta a tierra se dimensiona de acuerdo con lo establecido a la instrucción ITC-BT-26, y consiste en un anillo de cobre cerrado que sigue el perímetro de la vivienda, con electrodos verticales conectados si

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

fuese necesario. Para la vivienda unifamiliar se elige un esquema de puesta a tierra TT, tal y como aparece descrito en la instrucción ITC-BT-08. En la figura 3.9 se reproduce dicho esquema. Toda masa metálica importante de la instalación o masa accesible de aparato receptor cuya clase de aislamiento o condición de instalación lo exija debe ir conectada a la instalación de puesta a tierra.

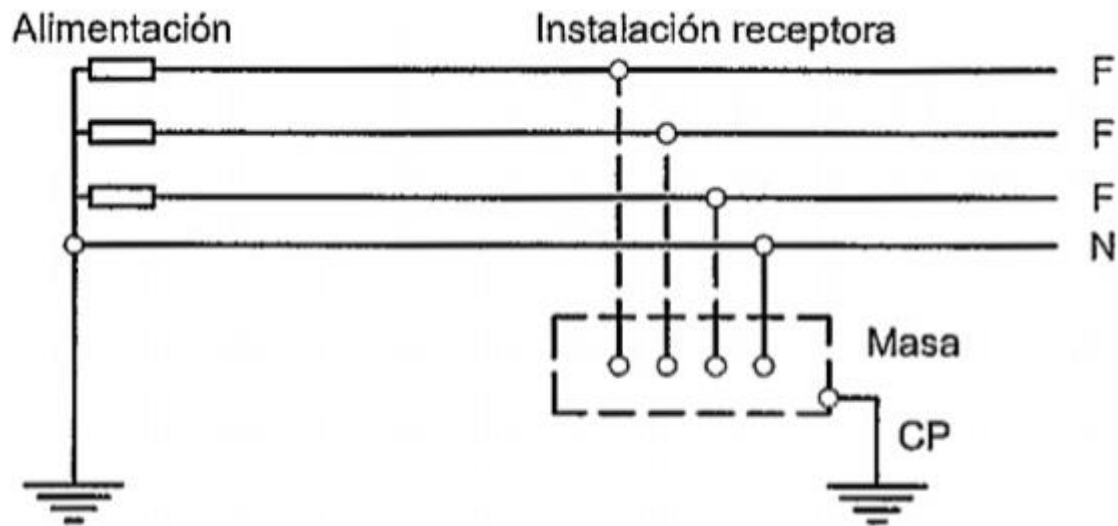


Figura 3.9 Esquema TT de conexión de neutro [1]

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

3.3.9. Estación de recarga para vehículo eléctrico.

El dimensionado de la estación de recarga para vehículo eléctrico se realiza mediante las indicaciones de la instrucción ITC-BT-52. Para una vivienda unifamiliar, dicha instrucción establece el esquema de montaje 4a, tal y como se muestra en la figura 3.10. El dimensionado del circuito destinado a alimentar la estación. El dimensionado del circuito destinado a alimentar la estación de recarga sigue el mismo criterio que si de una derivación individual se tratase, de modo que sigue las indicaciones de la ITC-BT-15.

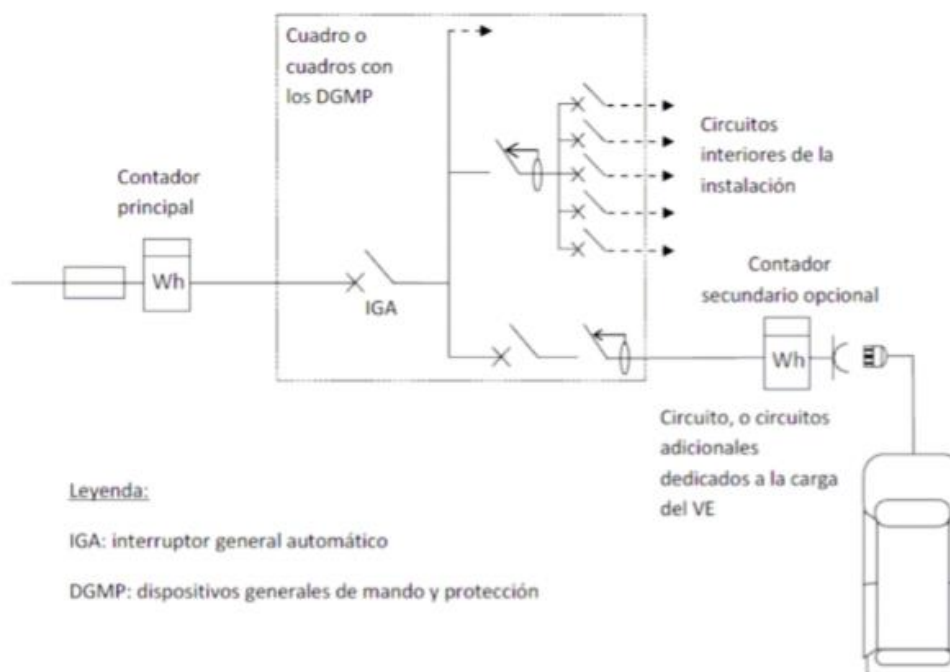


Figura 3.10 Esquema 4a: instalación con circuito adicional individual para la recarga del vehículo eléctrico en viviendas unifamiliares [1]

Se establece el modo de recarga 3 monofásico como modo de recarga. Este modo incluye un SAVE en la estación de recarga con las protecciones y sistemas de control necesarios. Se establece la toma de corriente tipo 2 de las expuestas en la UNE-EN 62196. La forma de la toma de corriente coincide con la de la figura 3.11.

La inclusión del SAVE permite dos procedimientos de recarga: normal y rápida. Aunque el procedimiento de uso prioritario será el normal, se dimensiona la instalación con los parámetros del modo rápido por involucrar unos valores de potencia más elevados. En la tabla 2.12 mostramos los parámetros de ambos procedimientos de recarga.

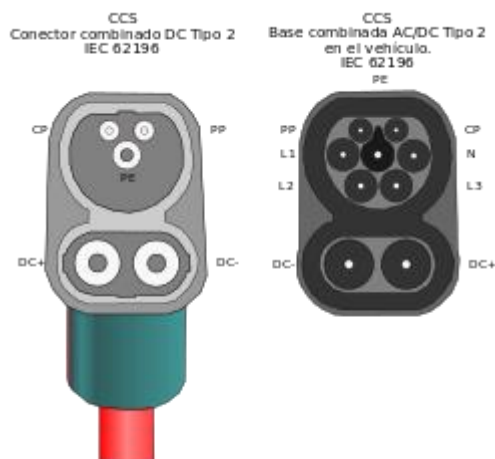


Figura 3.11 Toma de corriente tipo 2 según UNE-EN 62196 [6]

Procedimientos	Tensión de carga	Corriente suministrada	Potencia instalada	Modo de recarga	Toma de corriente
Normal	230 V	16 A	3680 W	3	Tipo 2
Rápido	230 V	20 A	4600 W	3	Tipo 2

Tabla 3.12 Procedimientos de recarga posibles

3.4. Circuitos interiores

Los CI son aquellos que transmiten la potencia de la instalación fotovoltaica desde la CPM hasta los puntos finales de utilización de la vivienda. Su número, disposición y contenido vienen determinados por la instrucción ITC-BT-25. El trayecto y disposición de cada uno por la vivienda se encuentra representado en el documento planos.

3.4.1. Puntos de utilización por estancia

La cantidad de puntos de utilización mínimas necesarias en cada estancia de la vivienda aparece fijada en la tabla 2 de la instrucción ITC-BT-25. Esta cantidad viene determinada por el uso y superficie de cada instancia. En la tabla 3.13 se explica la instalación completa por estancias. La tabla no diferencia el uso de la toma ni el circuito al que pertenecen. Se ha considerado que los principales electrodomésticos estarán situados en la cocina. Aunque no consuman potencia, se han incluido también interruptores simples y conmutados por ser elementos de la instalación de alumbrado.

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

Estancia	Superficie (m ²)	Elemento	Cantidad
Salón-Comedor	22,24	Punto de luz	2
		Interruptor simple	1
		Interruptor conmutado	4
		Base 16 A 2p+T	4
		Toma de calefacción	1
		Toma de aire acondicionado	1
Cocina	9,48	Punto de luz	1
		Interruptor simple	1
		Base 16 A 2p+T	9
		Base 25 A 2p+T	1
		Toma de calefacción	1
		Toma de aire acondicionado	1
Baño 1	4,62	Punto de luz	1
		Interruptor simple	1
		Base 16 A 2p+T	1
		Toma calefacción	1
Baño 2	4,75	Punto de luz	1
		Interruptor simple	1
		Base 16 A 2p+T	1
		Toma calefacción	1
Aseo	3,48	Punto de luz	1
		Interruptor simple	1
		Base 16 A 2p+T	1
Pasillo	4,28	Punto de luz	1
		Interruptor conmutado	4
		Base 16 A 2p+T	1
Habitación 1	13,72	Punto de luz	1
		Interruptor conmutado	4
		Base 16 A 2p+T	3
		Toma calefacción	1
		Toma aire acondicionado	1

Tabla 3.13 Puntos de utilización de la vivienda por estancias

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Estancia	Superficie (m ²)	Elemento	Cantidad
Habitación 2	10,23	Punto de luz	1
		Interruptor conmutado	3
		Base 16 A 2p+T	3
		Toma calefacción	1
		Toma aire acondicionado	1
Habitación 3	10,48	Punto de luz	1
		Interruptor conmutado	3
		Base 16 A 2p+T	3
		Toma calefacción	1
		Toma aire acondicionado	1
Habitación 4	9,85	Punto de luz	1
		Interruptor conmutado	3
		Base 16 A 2p+T	3
		Toma calefacción	1
		Toma aire acondicionado	1
Pasillo	4,28	Punto de luz	1
		Interruptor conmutado	4
		Base 16 A 2p+T	1
Garaje	30,53	Punto de luz	1
		Interruptor simple	1
		Interruptor conmutado	2
		Base 16 A 2p+T	1
		TC tipo 2	1
Sala baterías-inversor	4,65	Punto de luz	1
		Interruptor simple	1
		Base 16 A 2p+T	1
Zona barbacoa	11,63	Punto de luz	1
		Interruptor simple	1
		Interruptor conmutado	1
		Base 16 A 2p+T	1
Zona exterior	103,27	Punto de luz	6
		Interruptor conmutado	3
		Base 16 A 2p+T	4

Tabla 3.13 Puntos de utilización de la vivienda por estancias (cont.)

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

3.4.2. Descripción de circuitos interiores

Según el uso, los puntos de utilización se agrupan en CI de manera que la potencia total se distribuye equitativamente entre ellos. La disposición de los CI viene determinada según la instrucción ITC-BT-25. Estos dependerán del equipamiento instalado y el grado de electrificación. En la tabla 3.14 se describen los circuitos existentes en la vivienda, con los principales parámetros de cálculo que se emplearán.

Circuito	Nº puntos utilización	Tipo de toma	Pot. toma (W)	Factor de simultaneidad	Factor de utilización	Long. máxima (m)	Long. total (m)
C1. Iluminación	21	Punto de luz	15	0,75	0,5	28,67	183
C2. TC usos generales, frigorífico	13	Base 16 A 2p + T	3450	0,2	0,25	23,83	44
C3. Cocina y horno	1	Base 25 A 2p + T	5400	0,5	0,75	14,50	16
C4. Lavadora, lavavajillas, termo	3	Base 16 A 2p + T	3450	0,66	0,75	10,48	12
C5. TC baños y cocina	6	Base 16 A 2p + T	3450	0,4	0,5	15,33	25
C7. TC usos generales 2	14	Base 16 A 2p + T	3450	0,2	0,25	17,55	40
C8. Calefacción	8	Toma calefacción	¹	-	-	12,80	22
C9. Aire acondicionado	6	Toma aire acondicionado	¹	-	-	12,17	17
C10. Secadora	1	Base 16 A 2p + T	3450	1	0,75	13,80	15
C13. Recarga vehículo	1	Conector tipo 2	4600	1	1	7,84	9

Tabla 3.14 Descripción de los CI de la vivienda

¹ La potencia máxima en estos circuitos es 5750 W independientemente del número de tomas

3.5. Cálculos de la instalación

3.5.1. Cálculo de corriente de circulación por toma

La corriente que circula por cada punto de utilización se calcula a partir de la potencia obtenida en el mismo según la fórmula:

$$I_a = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} \quad (1)$$

I_a (A) = Corriente prevista por punto de utilización

P (W) = Potencia consumida prevista por toma

V (V) = Tensión de red (en nuestro caso, 230 V monofásico)

$\cos\varphi$ = Factor de potencia de la carga (suponemos todas las cargas)

3.5.2. Factores de simultaneidad y utilización; cálculo de corriente de circulación por circuito

Para el cálculo de los circuitos interiores, el REBT fija unos factores que permiten ajustar la intensidad de cálculo de cada circuito a la intensidad real que circula por el mismo. Estos factores, vienen definidos en la instrucción ITC-BT-25:

•**Factor de simultaneidad:** Este factor hace referencia al uso no simultáneo de la potencia total de la instalación

•**Factor de utilización:** Este factor hace referencia a la situación en la que una carga pueda funcionar por debajo de su potencia nominal según circunstancias.

La intensidad que circula por cada circuito se corresponde a la de la siguiente fórmula:

$$I_b = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u \quad (2)$$

I_b (A) = Corriente prevista por circuito

n = N° de puntos de utilización

I_a (A) = Corriente prevista por punto de utilización

F_s = Factor de simultaneidad; F_u = Factor de utilización

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

3.5.3. Dimensionado de conductores activos

Según la instrucción ITC-BT-19, existen dos criterios a la hora de dimensionar conductores que deben cumplirse de manera simultánea.

·Criterio térmico

Basado en la resistencia térmica del aislante del conductor. En la tabla 1 de la instrucción ITC-BT-19 se recogen las intensidades máximas (A) para cada valor comercial de sección de conductor, en función del número de conductores con carga del cable, la naturaleza del aislante y el método de instalación. Estos valores vienen referidos a una temperatura de 40 °C. La tabla 1 de la instrucción ITC-BT-19 aparece reproducida en la tabla 3.15 del presente documento.









A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
B2		Cables multiconductores en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ³⁾					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
E		Cables multiconductores al aire libre ⁴⁾ Distancia a la pared no inferior a 0.3D ⁵⁾						3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁶⁾ Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾						3x PVC			3x XLPE o EPR ¹⁾			
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁵⁾								3x PVC ¹⁾			3x XLPE o EPR	
Cobre			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
			70				149	160	171	188	202	224	244	321
			95				180	194	207	230	245	271	296	391
			120				208	225	240	267	284	314	348	455
			150				236	260	278	310	338	363	404	525
			185				268	297	317	354	386	415	464	601
			240				315	350	374	419	455	490	552	711
			300				360	404	423	484	524	565	640	821

Tabla 3.15 Intensidades admisibles máximas (A) a 40 °C, en función del número de conductores activos del cable, la naturaleza del aislante y el método de instalación. [1]

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Es necesario ajustar el valor de corriente obtenido con los factores de simultaneidad y utilización para obtener la corriente prevista por circuito I_b tal y como se ha visto en el punto anterior. Dicho valor será el utilizado en la tabla 2.15 para obtener la sección del cable. La intensidad máxima asumible por dicha sección es identificada como I_z .

·Criterio de caída de tensión

Basado en el mantenimiento de un valor de tensión aceptable al final de la línea, que garantice el uso adecuado de la misma. En este caso concreto es más conveniente considerar la LGA como una derivación individual a efectos de cálculo. La CdT permitida viene definida por la instrucción ITC-BT-15 para la LGA y por la instrucción ITC-BT-19 en el caso de circuitos individuales. Los valores fijados son los siguientes:

·1,5 % en el caso de LGA.

·3 % en el caso de CI.

Según la instrucción ITC-BT-25, estos valores de CdT pueden compensarse entre ellos, de modo que la suma sea inferior a la suma de los valores límites. Como se trata de una medida puntual en el tiempo, este criterio no acepta el uso de factores de simultaneidad y utilización.

El valor de CdT para un circuito monofásico se puede obtener de la siguiente expresión:

$$e (\%) = \frac{2 \cdot l \cdot P}{c \cdot S \cdot U_N^2} \cdot 100 \quad (3)$$

$e (\%)$ = Valor de caída de tensión

$l (m)$ = Longitud de la línea

$P (W)$ = Potencia transmitida por línea

$c (\frac{m}{\Omega \cdot mm^2})$ = Conductancia del material (consideramos constante el valor para 20 °C, $c = 58 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$)

$S (mm^2)$ = Sección del conductor

$U_N (V)$ = Tensión de red (en nuestro caso, 230 V monofásico)

Para el cálculo de la caída de tensión se considera que toda la potencia desarrollada en el circuito se encuentra al final de la longitud del mismo.

3.5.4. Cálculo de conductor neutro y conductor de protección

El dimensionado de los cables de neutro y el CdP siguen las indicaciones de la instrucción ITB-BT-19. La sección del cable de neutro es igual a la sección del conductor activo para CI, pues no hay normativa específica. En el caso de la LGA, la sección del neutro la especifica la sección del conductor activo según la tabla 1 de la instrucción ITC-BT-14, que coincide con la tabla 5 del presente documento. La sección del CdP es función de la sección del conductor activo según la tabla 2.16 tanto para LGA como para CI.

Sección del conductor activo (mm ²)	Sección del CdP (mm ²)
$S_2 \leq 16$	S
$16 < S \leq 32$	16
$S \geq 32$	S / 2

Tabla 3.16 Sección del CdP en función de la sección del conductor activo.

3.5.5. Cálculo de corrientes de cortocircuito

Como valor de cálculo se emplea la corriente de cortocircuito máxima, es decir, la obtenida en caso de tener un cortocircuito en el origen de la línea. La corriente de cortocircuito mínima se correspondería con la obtenida en el punto más alejado de la línea, y se considera que es el mismo punto eléctrico que el origen del siguiente circuito, de modo que coinciden las corrientes de cortocircuito mínima y máxima respectivamente. Estas corrientes vienen determinadas por la siguiente fórmula:

$$I_{cc} = \frac{U_N}{\sum Z_k} \quad (4)$$

I_{cc} (A) = Corriente de cortocircuito

U_N (V) = Tensión de red (en nuestro caso, 230 V monofásico)

Z_k (Ω) = Impedancia de cada elemento anterior al punto de estudio

La impedancia de cortocircuito de cada elemento se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$Z_k = R_L + jX_L \quad (5)$$

Z_k (Ω) = Impedancia del conductor

R_L (Ω) = Resistencia del conductor

X_L (Ω) = Reactancia del conductor

2 S corresponde a la sección del conductor activo

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Para el cálculo de la resistencia de dichos cables tomamos la definición de la magnitud. En el caso de la impedancia se ha tomado un valor convencional de cálculo para cables unipolares. Para $S < 130 \text{ mm}^2$, el valor de la impedancia se considera despreciable.

$$R_L = \rho \cdot \frac{L}{S} \quad (6)$$

$$X_L = 130 \text{ m}\Omega / \text{km} \quad (7)$$

$\rho \left(\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$ = Resistividad del cable (consideramos constante el valor para 20 °C, $\rho = \frac{1}{58} \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$)

$L \text{ (m)}$ = Longitud del conductor

$S \text{ (mm}^2\text{)}$ = Sección del conductor

En todo caso, la potencia máxima de cortocircuito se corresponde, para este caso, con la potencia pico del inversor. Dicha potencia equivale a la siguiente fórmula:

$$P_{cc} = U_N \cdot I_{cc} = Z_k \cdot I_{cc}^2 \quad (8)$$

$P_{cc} \text{ (W)}$ = Potencia de cortocircuito (20 kW en nuestro caso)

$U_N \text{ (V)}$ = Tensión de red (en nuestro caso, 230 V monofásico)

$I_{cc} \text{ (A)}$ = Corriente de cortocircuito

$Z_k \text{ (}\Omega\text{)}$ = Impedancia de conductor o de elemento del circuito

Con la expresión (8) se puede calcular la $I_{cc,m\acute{a}x}$ en la LGA, y la Z_k que nos ofrece el inversor.

3.5.6. Dimensionado de las protecciones

En todos los circuitos utilizamos interruptores magnéticos como protección frente sobrecargas y cortocircuitos. En los CI, la intensidad nominal de los interruptores magnetotérmicos viene estipulada en la instrucción ITC-BT-25. Tanto el interruptor magnetotérmico de la LGA como los fusibles deben ser dimensionados.

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSION

·Protección contra sobrecargas

Debe cumplir dos condiciones:

$$\mathbf{C1: } I_b < I_N < I_z \quad (9)$$

$$\mathbf{C2: } I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (10)$$

$I_b(A)$ = Corriente prevista por circuito

$I_z(A)$ = Corriente máxima admisible por circuito

$I_2(A)$ = Corriente convencional que asegura el disparo del dispositivo de protección

Dependiendo de si trabajamos con fusibles o con magnetotérmicos, el parámetro I_2 puede tomar valores diferentes:

Fusible $\rightarrow I_2 = 1,6 \cdot I_z$

Interruptor magnetotérmico $\rightarrow I_2 = 1,45 \cdot I_z$

·Protección contra cortocircuitos

Debe cumplir dos condiciones:

$$\mathbf{C1: } PdC > I_{cc,m\acute{a}x} \quad (11)$$

$$\mathbf{C2: } I_{cc,m\acute{i}n} \leq I_c \quad (12)$$

$I_{cc,m\acute{a}x}(A)$ = Corriente máxima de cortocircuito

$I_{cc,m\acute{i}n}(A)$ = Corriente mínima de cortocircuito

$PdC(A)$ = Poder de corte del dispositivo de protección

$I_c(A)$ = Corriente convencional que asegura el disparo del dispositivo de protección

Dependiendo de si trabajamos con fusibles o con magnetotérmicos, la magnitud I_c se refiere a parámetros distintos:

Fusible $\rightarrow I_c = I_{f5}$ siendo I_{f5} la corriente que ocasiona que el fusible se dispare en 5 s

Interruptor magnetotérmico $\rightarrow I_c = (5, 10) \cdot I_N$, para dispositivos de curva C

3.5.7. Dimensionado del electrodo de la puesta a tierra

El electrodo queda definido como un anillo cerrado de cobre que recorre todo el perímetro de la vivienda, y que en caso necesario podría ampliarse con piquetas clavadas en el suelo. La resistencia a tierra obtenida con el electrodo es equivalente a la resistencia en paralelo del anillo enterrado y las picas clavadas según esta expresión:

$$R_t = \frac{R_{t,anillo} \cdot R_{t,picas}}{R_{t,anillo} + R_{t,picas}} \quad (13)$$

$$R_{t,anillo} = 2 \cdot \frac{\rho}{L} \quad (14)$$

$$R_{t,picas} = k \cdot \frac{\rho}{L \cdot n} \quad (15)$$

$R_t(\Omega)$ = Resistencia a tierra ofrecida por el electrodo resultante

$R_{t,anillo}(\Omega)$ = Resistencia a tierra ofrecida por un electrodo en forma de anillo perimetral

$R_{t,picas}(\Omega)$ = Resistencia a tierra ofrecida por el electrodo resultante

$\rho (\Omega \cdot m)$ = Resistividad del terreno

$L (m)$ = Longitud de la pica o perímetro del anillo

k = Parámetro adimensional que relaciona el efecto existente entre picas

n = N° de picas utilizado

La resistividad del terreno se obtiene de la tabla 4 de la instrucción ITC-BT-18, que se reproduce en este documento como la tabla 3.17. El parámetro k se obtiene por medio de la tabla 3.18.

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad Ohm.m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Tabla 3.17 Resistividad del terreno [1]

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

Número y disposición de las picas	Relación D/L							k
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	
2 en línea	1,17	1,12	1,09	1,07	1,06	1,05	1,05	k
3 en línea	1,26	1,18	1,14	1,11	1,09	1,08	1,07	
3 en triángulo	1,34	1,23	1,18	1,15	1,12	1,1	1,09	
4 en línea	1,43	1,29	1,23	1,18	1,15	1,13	1,12	
4 en cuadrado	1,46	1,32	1,25	1,2	1,17	1,14	1,13	

Tabla 3.18 Parámetro k para el cálculo de resistencia atierra en agrupaciones de picas [7]

La PaT dimensionada debe cumplir la siguiente condición de diseño:

$$R_t \leq \frac{U_L}{I_s} \quad (16)$$

$R_t(\Omega)$ = Resistencia a tierra ofrecida por el electrodo resultante

$U_L(V)$ = Tensión límite convencional (50 V de forma general, 24 V en locales húmedos)

$I_s(A)$ = Sensibilidad de la protección diferencial (30 mA para el sector residencial)

3.6. Resultados

En este apartado se dan valores numéricos de los parámetros establecidos en el apartado de cálculo. Las magnitudes de las tablas hacen referencia a los expuestos anteriormente en el desarrollo de la resolución.

3.6.1. Dimensionado de conductores

El dimensionado de conductores se realiza siguiendo el criterio térmico para obtener una sección de conductor. Mediante el criterio de caída de tensión se comprueba que esta permanece por debajo de los valores estipulados para cada caso, y por tanto, la sección calculada es válida. En la tabla 3.19 se muestran los resultados.

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Circuito	$I_a(A)$	$I_b(A)$	$S_{cond.activo}$ S_{neutro} (mm ²)	S_{CdP} (mm ²)	$I_z(A)$	$e(\%)$	$\phi_{tubo}(mm)$
C1. Iluminación	0,065	0,51	1,5	1,5	15	0,147	20
C2. TC usos generales, frigorífico	15	9,75	2,5	2,5	21	1,393	20
C3. Cocina y horno	23,48	8,80	6	6	36	0,319	20
C4. Lavadora, lavavajillas, termo	15	22,28	4	4	27	0,875	20
C5. TC baños y cocina	15	18	2,5	2,5	21	1,655	20
C7. TC usos generales 2	15	8,25	2,5	2,5	21	1,105	20
C8. Calefacción	25	25	6	6	36	0,800	20
C9. Aire acondicionado	25	25	6	6	36	0,760	20
C10. Secadora	15	11,25	2,5	2,5	21	0,931	20
C13. Recarga vehículo	20	20	4	4	27	0,588	20
LGA	41,74	41,74	10	10	52	0,097	75

Tabla 3.19 Parámetros de cálculo y secciones obtenidas

Ninguna línea supera los límites de caída de tensión estipulados por el reglamento, de modo que los cables están correctamente dimensionados. En ciertos casos se ha escogido una sección distinta a la mínima admisible por el hecho de que no cumple con el mínimo estipulado en la tabla 1 de la instrucción ITC-BT-25.

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

3.6.2. Dimensionado de protecciones

En el caso de estudio se emplean interruptores magnetotérmicos para la protección contra sobrecorrientes y fusibles como protección contra cortocircuitos. En la tabla 3.20 se muestran los parámetros referentes a los interruptores magnetotérmicos y en la 3.21 se muestran los parámetros referentes a los fusibles.

Circuito	$I_b(A)$	$I_z(A)$	$I_N(A)$
C1. Iluminación	0,51	15	10
C2. TC usos generales, frigorífico	9,75	21	16
C3. Cocina y horno	8,80	36	25
C4. Lavadora, lavavajillas, termo	22,28	27	20
C5. TC baños y cocina	18	21	16
C7. TC usos generales 2	8,25	21	16
C8. Calefacción	25	36	25
C9. Aire acondicionado	25	36	25
C10. Secadora	11,25	21	16
C13. Recarga vehículo	20	27	20
LGA	41,74	52	50

Tabla 3.20 Parámetros referentes al dimensionado de interruptores magnetotérmicos

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, consideramos que el conductor es puramente resistivo por su sección reducida.

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Circuito	$Z_K(\Omega)$	$I_{cc,m\acute{a}x}(A)$	$I_{cc,m\acute{i}n}(A)$	$PdC(A)$	$I_c(A)$
C1. Iluminaci3n	0,282	86,79	78,42	100	75
C2. TC usos generales, frigorífico	0,157	86,79	81,92	100	75
C3. Cocina y horno	0,02	86,79	86,15	100	75
C4. Lavadora, lavavajillas, termo	0,008	86,79	86,53	100	75
C5. TC baños y cocina	0,054	86,79	85,03	100	75
C7. TC usos generales 2	0,123	86,79	82,93	100	75
C8. Calefacci3n	0,031	86,79	85,77	100	75
C9. Aire acondicionado	0,015	86,79	86,29	100	75
C10. Secadora	0,018	86,79	86,22	100	75
C13. Recarga vehículo	0,045	86,79	85,34	100	75
LGA	0,005	86,96	86,79	100	75
Inversor	2,645	-	-	-	-

Tabla 3.21 Parámetros referentes al dimensionado de fusibles

3.6.3. Dimensionado de puesta a tierra

En nuestro caso, se nos presenta una vivienda unifamiliar no considerada como local húmedo, situada sobre un terreno poco fértil, destinado a pastos. Consideramos un electrodo enterrado en el perímetro de la casa tal y como se muestra en la figura 3.22. Como el perímetro de la casa no es rectangular se evita incluir la parte derecha de la vivienda.

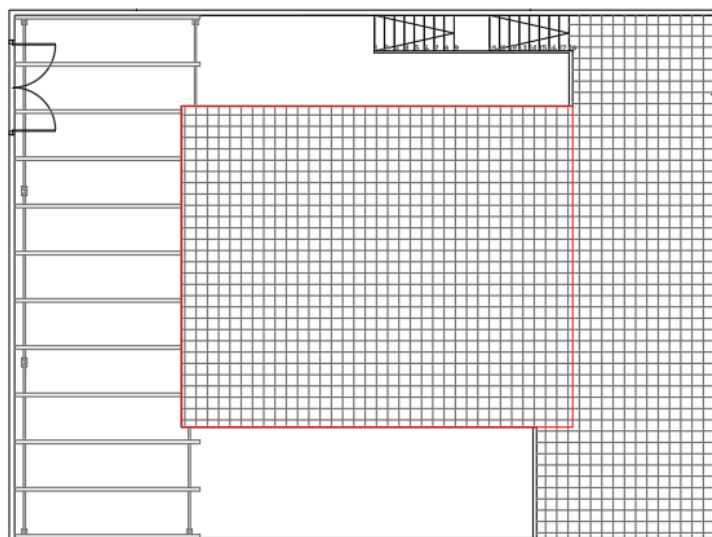


Figura 3.22 Planta de la vivienda y electrodo perimetral (en rojo)

ANEXO 2. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

En la tabla 3.23 se muestran los parámetros de cálculo para obtener la resistencia a tierra del electrodo y la resistencia a tierra límite.

$U_L(V)$	$I_s(mA)$	$R_{t,limite}(\Omega)$	$\rho(\Omega \cdot m)$	$L(m)$	$R_{t,electrodo}(\Omega)$
50	30	1666,67	500	40,5	24,7

Tabla 3.23 Parámetros referentes al dimensionado de PaT

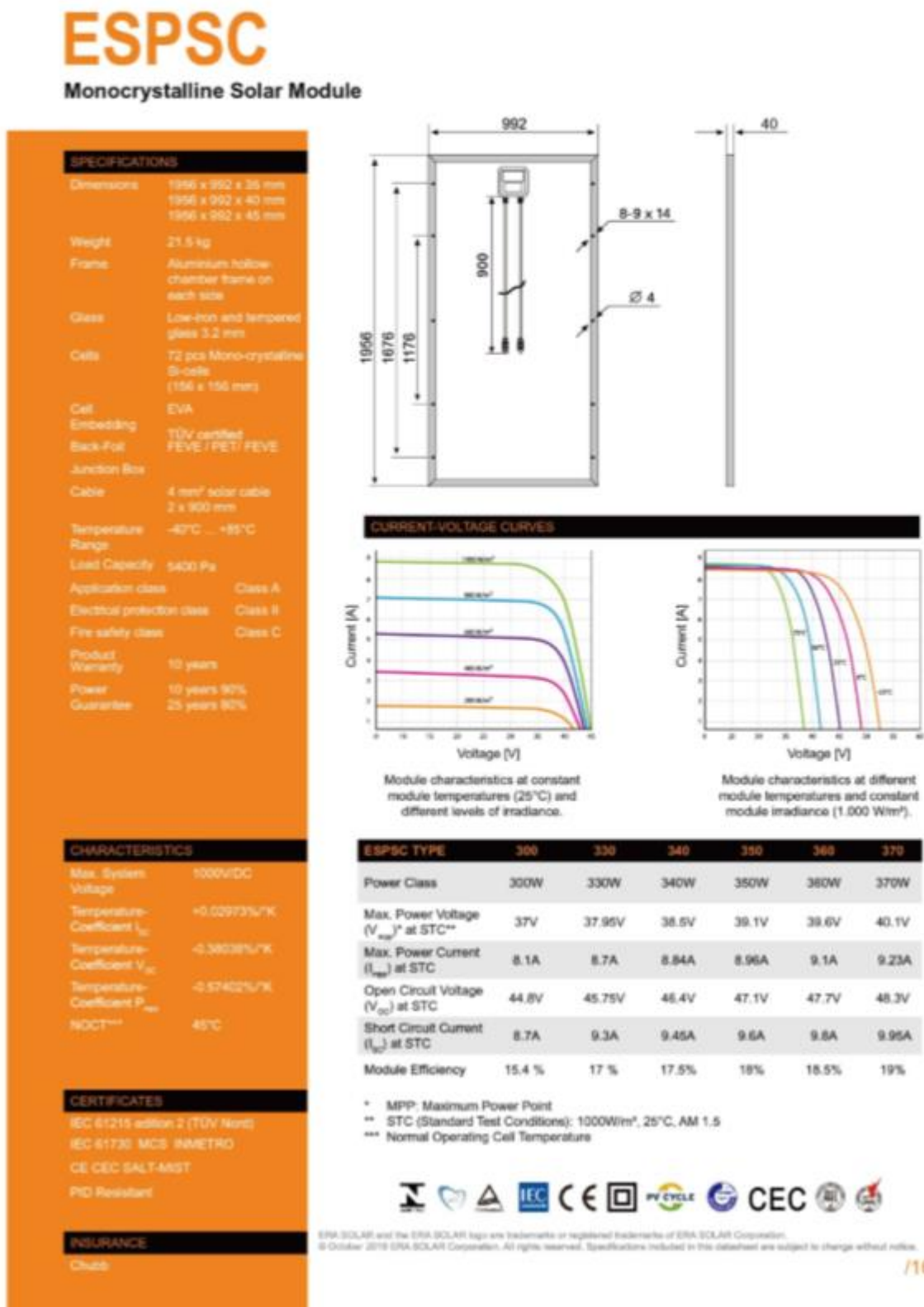
La resistencia a tierra del electrodo es menor que la resistencia a tierra límite, y por tanto, el electrodo cumple con la condición de diseño. Por este motivo, el electrodo solamente consistirá en un anillo perimetral de las características antes señaladas, sin incluir piquetas verticales.

HOJAS DE CARACTERÍSTICAS

Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible

HOJAS DE CARACTERÍSTICAS

4.1. Módulo solar ERA ESPSC 370 W



4.2. Inversor Victron Quattro 48/10000

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	SI				
Conmutador de transferencia integrado	SI				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (s)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (s)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficiencia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	45 / 50	55	80
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	30 / 30	35	50
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	10 / 20	20	30
CARGADOR					
Tensión de carga de "absorción" (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (s)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	SI				
GENERAL					
Salida auxiliar (A) (s)	25	50	50	50	50
Relé programable (s)	3x	3x	3x	3x	3x
Protección (s)	a – q				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general On/Off remoto	2x	2x	2x	2x	2x
Características comunes	Temper. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21				
Conexión a la batería	Cuatro pernos M6 (2 conexiones positivas y 2 negativas)				
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm ² /s AWG	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	45	72
Dimensiones (p x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
NORMATIVAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emissiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Vehículos de carretera	Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4				
Antilluvia	Visite nuestra página web				
1) Puede ajustarse a 60 Hz, 120 V 60 Hz si se solicita					
2) Claves de protección:					
a) cortocircuito de salida					
b) sobrecarga					
c) tensión de la batería demasiado alta					
d) tensión de la batería demasiado baja					
e) temperatura demasiado alta					
f) 230 VCA en la salida del inversor					
g) regulación de la tensión de entrada demasiado alta					
3) Carga no lineal, factor de costo 3:1					
4) A 25 ° C de temperatura ambiente					
5) Se desconecta sin hay fuente CA externa disponible					
6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, como función de alarma general, subterráneo CC o arranque del generador					
Capacidad nominal CA 230 V/4 A					
Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC					



Panel Digital Multi Control
Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.



Panel Blue Power
Se conecta a un Multi o a un Quattro y a todos los dispositivos VE.Net, en particular al controlador de baterías VE.Net. Representación gráfica de corrientes y tensiones.

Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador
Hay varias interfaces disponibles:



Color Control GX
Monitorear y controlar, de forma local e remota, no [Postal VLink](#).



Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB
Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VE.Configure](#))



Interfaz VE.Bus a NMEA 2000
Liga o dispositivo a una red electrónica marítima NMEA2000. Consulte o [guía de integración NMEA2000 e MED](#)



Monitor de baterías BMV-700
El monitor de baterías BMV-700 dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar con exactitud el estado de la carga de la batería. El BMV-700 muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería.

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

4.3. Regulador Must Solar PC 18-8015 F

Especificaciones

MODELO		PC18-6015F		PC18-8015F	
Voltaje nominal sistema baterías		12V/24V/48VDC (Auto detección) ; 36V(setting)			
CONTROLADOR ENTRADA	Voltaje de baterías	12V	24V	36V	48V
	Voltaje máximo entrada solar	100V	145V		
	Rango del MPPT	15~95V	30~130V	45~130V	60~130V
	Potencia máxima entrada paneles (12V)	938W		1250W	
	Potencia máxima entrada paneles (24V)	1875W		2500W	
	Potencia máxima entrada paneles (36V)	2813W		3750W	
	Potencia máxima entrada paneles (48V)	3750W		5000W	
BATERÍA	Configuraciones de carga	Estado de absorción		Estado de flotación	
	Flooded Battery	14.2V/28.4V/42.6V/56.8V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V	
	AGM/Gel/LEAD battery (predeterm.)	14.4V/28.8V/43.2V/57.6V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V	
	Voltaje de sobre-carga	15.5V/30.0V/45.0V/60.0V			
	Voltaje recuperacion de sobre-carga	14.5V/29.5V/44.5V/59.0V			
	Voltaje bajo batería defectuosa	10.0V/17.0V/25.5V/34.0V			
	Coefficiente compensación temperatura	-3mv/°C /celda (25°C vef)			
MPPT	Pico de eficiencia de conversión	98% (MPPT Eficiencia 98%)			
	Máxima corriente de carga	60 amps constantes @ 40°C ambiente		80 amps constantes @ 40°C ambiente	
ESPECIFICACIONES GENERALES	Modo de ventilación	ventilación forzada			
DISPLAY & PROTECCIÓN	Protecciones	Desconexión voltaje FV excesivo Reconexión voltaje FV excesivo Desconexión voltaje batería excesivo Reconexión voltaje batería excesivo Desconexión temperatura excesiva Reconexión temperatura excesiva			
ESPECIFICACIONES FÍSICAS	Montaje	En pared			
	Dimensiones (W*H* D)	152*100*294mm			
	Peso (Kg)	3Kg/pcs			
	Dimensiones paquete (W*H* D)	612*308.2*235.6mm			
	Peso total (Kg) (por embalaje)	17.4Kg		19Kg (per Carton)	
OTROS	Lugar de instalación	Interior			
	Rango temperatura de funcionamiento	-25~55°C			
	Humedad ambiente	0~90% humedad relativa(sin condensación)			
	Altitud	≤3000m			
	Contenedor(20GP/40GP/40HQ)	3000pcs / 6000pcs / 7200pcs			

* Product specifications are subject to change without further notice.

4.4. Baterías BAE C100 12 PVV 1800

2. Technical data (Reference temperature 20 °C)

Type	C_{1h} Ah	C_{10h} Ah	C_{20h} Ah	C_{72h} Ah	C_{100h} Ah	C_{120h} Ah	C_{240h} Ah	R_i 1) mΩ	I_k 2) kA	Length (L) mm	Width (W) mm	Height (H) mm	Weight dry kg	Weight filled kg
U_a V/cell	1.67	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80							
2 PVS 140	63	111	127	141	143	144	148	1.52	1.37	105	208	420	9.1	14.5
3 PVS 210	95	167	191	211	215	217	222	1.06	1.96	105	208	420	11.2	16.4
4 PVS 280	127	223	254	282	287	289	295	0.84	2.46	105	208	420	12.8	18.0
5 PVS 350	159	279	318	352	359	361	369	0.70	2.98	126	208	420	15.3	21.7
6 PVS 420	191	334	382	424	431	434	444	0.60	3.47	147	208	420	18.1	25.7
5 PVS 550	223	389	432	486	496	500	513	0.57	3.61	126	208	535	20.0	28.8
6 PVS 660	267	467	518	583	595	601	616	0.49	4.18	147	208	535	23.5	34.0
7 PVS 770	310	544	604	681	694	700	720	0.44	4.69	168	208	535	26.8	39.1
6 PVS 900	352	665	748	856	877	888	916	0.47	4.41	147	208	710	33.0	47.4
7 PVS 1050	415	777	872	993	1,020	1,033	1,065	0.36	5.66	215	193	710	42.1	61.5
8 PVS 1200	473	886	996	1,137	1,160	1,178	1,216	0.32	6.36	215	193	710	46.6	65.4
9 PVS 1350	522	992	1,116	1,274	1,300	1,320	1,365	0.33	6.20	215	235	710	51.4	75.4
10 PVS 1500	585	1,100	1,240	1,418	1,450	1,464	1,516	0.28	7.25	215	235	710	56.0	79.4
11 PVS 1650	635	1,210	1,362	1,555	1,590	1,608	1,665	0.28	7.36	215	277	710	61.0	89.6
12 PVS 1800	698	1,320	1,486	1,699	1,740	1,752	1,816	0.24	8.41	215	277	710	65.4	93.4
11 PVS 2090	790	1,470	1,636	1,836	1,870	1,884	1,941	0.24	8.38	215	277	855	72.7	105.9
12 PVS 2280	869	1,600	1,784	2,001	2,040	2,052	2,116	0.22	9.48	215	277	855	77.4	110.4
13 PVS 2470	978	1,740	1,938	2,174	2,210	2,232	2,292	0.16	13.03	215	400	815	90.8	137.8
14 PVS 2660	1,051	1,880	2,080	2,332	2,380	2,400	2,448	0.15	13.82	215	400	815	95.3	142.4
15 PVS 2850	1,123	2,010	2,220	2,498	2,550	2,568	2,640	0.14	14.43	215	400	815	100.2	146.9
16 PVS 3040	1,195	2,140	2,380	2,664	2,710	2,736	2,808	0.13	15.20	215	400	815	105.4	151.6
17 PVS 3230	1,280	2,290	2,540	2,858	2,910	2,940	3,000	0.12	16.91	215	490	815	117.7	175.1
18 PVS 3420	1,352	2,420	2,680	3,024	3,080	3,108	3,192	0.11	17.55	215	490	815	121.9	179.1
19 PVS 3610	1,425	2,560	2,840	3,189	3,250	3,276	3,360	0.11	18.36	215	490	815	126.8	183.6
20 PVS 3800	1,496	2,690	2,980	3,355	3,420	3,444	3,528	0.11	18.92	215	490	815	132.0	188.3
22 PVS 4180	1,635	2,950	3,280	3,686	3,750	3,780	3,888	0.10	19.92	215	580	815	145.4	213.9
24 PVS 4560	1,777	3,220	3,560	4,010	4,090	4,128	4,224	0.09	21.26	215	580	815	155.2	223.0
26 PVS 4940	1,917	3,480	3,860	4,341	4,420	4,464	4,584	0.09	22.49	215	580	815	165.0	232.0

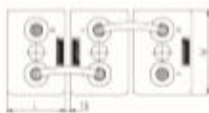
1, 2) Internal resistance R_i and short circuit current I_k according to IEC 60896-11

Height (H) is the maximum height between container bottom and top of the bolts in assembled condition.

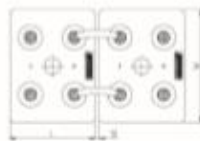
BAE *SECURA PVS SOLAR* batteries are also available as dry pre-charged version. They are titled with additional "TG", e.g. 4 PVS 280 TG.

All values published in the table correspond to 100 % discharge of current depending capacity without voltage drop of connectors. Please consider item 7.

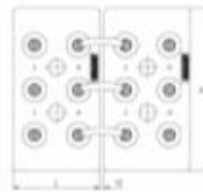
3. Terminal positions



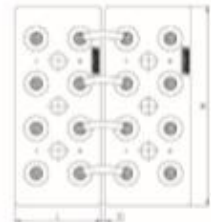
2 PVS 140 to 6 PVS 900



7 PVS 1050 to 12 PVS 2280



13 PVS 2470 to 16 PVS 3040



17 PVS 3230 to 26 PVS 4940

Terminals are designed as female poles with brass inlay M10 for flexible insulated copper cables with cross-section 25, 35, 50, 70, 95 or 120 mm² or insulated solid copper connectors with cross-section 90, 150 or 300 mm².

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

Technical Specification for BAE *SECURA PVS SOLAR*



4. Design

Positive electrode

Tubular-plate with a woven polyester gauntlet and solid grids in a corrosion-resistant PbSbSnSe-low antimony alloy

Negative electrode

Grid-plate in a low antimony alloy with long-life expander material

Separation

Microporous separator

Electrolyte

Sulphuric acid with a density of 1.24 kg/l at 20 °C (68 °F)

Container

High impact, transparent SAN (Styrene acrylonitrile), UL-94 rating: HB

Lid

High impact SAN in dark grey colour (colour may vary slightly from given image), UL-94 rating: HB

Plugs

on request also in ABS (Acrylonitrile butadiene styrene), UL-94 rating: V-0
Labyrinth plugs for arresting aerosols, BAE ceramic tunnel plugs according to DIN 40740 or BAE ceramic plugs are recommended

Pole-bushing

100 % gas- and electrolyte-tight, sliding, plastic-coated "Panzerpol"

Kind of protection

IP 25 regarding EN 60529, touch protected according to BGV A3

5. Installation

BAE *SECURA PVS SOLAR* batteries are designed for indoor applications.
For outdoor applications please contact BAE.

6. Maintenance

Every 6 months

Check battery voltage, pilot cell voltages, temperatures

Every 12 months

Check connections, record battery voltage, cell voltages and temperatures

Every 3 years

Average water-refilling interval (depending on utilization and ambient temperature)

7. Operational data

Depth of discharge (DOD)

Max. 80 % ($U_n = 1.91$ V/cell for discharge times >10 h; 1.74 V/cell for 1 h)
deep discharges of more than 80 % DOD have to be avoided
Unlimited, the minimal charge current has to be 5 A/100 Ah C_{10}

Initial charge current

(I or bulk phase)

Restricted from 2.30 V to 2.40 V per cell, operating instruction is to be observed
2.23 V/cell

Charge voltage at cyclic operation

Float voltage/non cyclic voltage

Adjustment of charge voltage

No adjustment necessary if battery temperature is kept between 10 °C and 30 °C (50 °F and 86 °F) in the monthly average, otherwise $\Delta U/\Delta T = -0.003$ V/cell per K
Within a period of 1 up to 4 weeks

Recharge to 100 %

Battery temperature

-20 °C to 55 °C (-4 °F to 131 °F),
recommended temperature range 10 °C to 30 °C (50 °F to 86 °F)

Self-discharge

IEC 61427 cycles

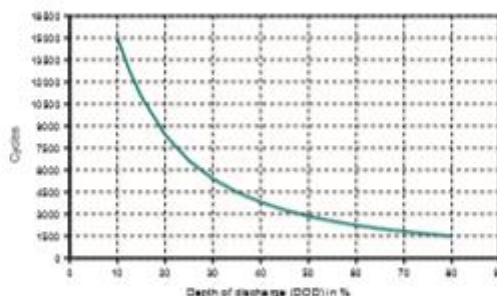
IEC 60896-11 cycles

Approx. 3 % per month at 20 °C (68 °F)

3,150 (A+B) at 40 °C (104 °F)

>1,500 at 20 °C (68 °F)

8. Number of cycles as function of Depth of discharge



9. Transport

Batteries are not subject to ADR (road transport), if the conditions of Special Provision 598 (Chapter 3.3) are observed.

These cells/batteries are dangerous goods on sea transport. Declaration and packaging must comply with the requirements of IMDG-Codes.

10. Standards

Test standards

Safety standard, ventilation

IEC 60896-11, IEC 61427

IEC 62485-2

UNIVERSITAT JAUME I

PLIEGO DE CONDICIONES

Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible

Contenido

5.1.	Objeto	3
5.2.	Componentes y materiales.....	3
5.2.1.	Generalidades	3
5.2.2.	Generadores fotovoltaicos	3
5.2.3.	Estructuras de soporte	4
5.2.4.	Acumuladores.....	4
5.2.5.	Reguladores de carga.....	5
5.2.6.	Inversor.....	5
5.2.7.	Cargas de consumo.....	5
5.2.8.	Cableado	6
5.2.9.	Protecciones y puesta a tierra	6
5.3.	Recepción y pruebas.....	6
5.4.	Requerimientos técnicos en el contrato de mantenimiento	7
5.4.1.	Generalidades	7
5.4.2.	Programa de mantenimiento.....	7
5.4.3.	Garantías.....	8

PLIEGO DE CONDICIONES

5.1. Objeto

El objetivo de este documento es exponer las condiciones técnicas a cumplir por parte de las instalaciones expuestas en la realización del proyecto, es decir, la instalación fotovoltaica y la instalación interior de la vivienda. Las especificaciones fijadas en este Pliego abarcan todos, los aspectos de la instalación, aplicándose a sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos.

Las soluciones expuestas en este Pliego pueden sustituirse por otras equivalentes, siempre y cuando su aplicación esté debidamente justificada y no haya una disminución de las prestaciones de la instalación.

5.2. Componentes y materiales

5.2.1. Generalidades

- La instalación debe contar con las medidas referentes a protecciones y seguridad de personas expuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión o en legislación en vigor.
- Todos los equipos deben asegurarse como mínimo un grado de aislamiento eléctrico clase I, exceptuando aquellas partes de la instalación que no cuenten con interruptor diferencial, en cuyo caso el grado de aislamiento eléctrico debe ser clase II.
- La instalación debe contener todos los elementos posibles para la protección de personas contra contactos tanto directos como indirectos.
- Se debe asegurar la protección de la instalación frente cortocircuitos y sobrecargas con los elementos pertinentes.
- Todos los elementos expuestos a la intemperie deben tener un grado mínimo de protección IP65, y los interiores, un grado mínimo de protección IP20.
- Los equipos electrónicos deben cumplir las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética.

5.2.2. Generadores fotovoltaicos

- Los módulos instalados serán de silicio cristalino y cumplirán con las especificaciones UNE-EN 61215, y UNE-EN 61730-1 y 2 referentes a seguridad en módulos fotovoltaicos.

PRESUPUESTOS

- El módulo se encontrará identificado de forma clara e indeleble con el modelo, nombre o logotipo del fabricante, y número de serie trazable a la fecha de fabricación para su correcta identificación individual.
- Los módulos deben incluir diodos de derivación para evitar posibles averías en células y circuitos interiores por sombras parciales.
- Los marcos laterales de los módulos deben ser de acero inoxidable o aluminio.
- Se marca un límite de tolerancia de $\pm 5\%$ admisible de desviación de los valores nominales de catálogo para los parámetros de potencia máxima de módulo y corriente de cortocircuito.
- Los módulos que contengan defectos de fabricación, como presencia de roturas o manchas, burbujas en el encapsulante o falta de alineación en alguna de sus células debe ser rechazado.
- Los marcos del módulo debe estar conectado a la toma de tierra.

5.2.3. Estructuras de soporte

- Las estructuras de soporte empleadas deben permitir la aparición de dilataciones térmicas sin transmisión de cargas que puedan comprometer el funcionamiento de los módulos.
- Las estructuras empleadas deben resistir las cargas de viento y nieve expuestas en el CTE.
- La colocación de las estructuras de soporte debe ser tal que permita a los módulos permecer con la orientación e inclinación seleccionadas.
- La tornillería empleada será de acero inoxidable.
- La distancia mínima entre filas de módulos debe asegurar que no haya interferencia de sombras entre ellos.

5.2.4. Acumuladores

- Los acumuladores empleados deben ir protegidos especialmente contra sobrecarga. Dicha protección se realiza principalmente mediante un regulador de carga.
- La autodescarga a 20°C no debe exceder el 6% de su capacidad nominal por mes.
- El acumulador se debe situar en un lugar ventilado y de acceso restringido.
- Se deben adoptar las medidas pertinentes para evitar cortocircuitos accidentales en terminales del acumulador.

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

· Los vasos deben incluir en el etiquetado la tensión y capacidad nominal, la polaridad de terminales, fabricante y número de serie.

5.2.5. Reguladores de carga

· El regulador debe asegurar la protección de las baterías frente de sobrecarga y sobredescarga.

· Los reguladores estarán protegidos frente a cortocircuitos en la línea de consumo.

· La CdT entre los terminales del regulador referidos a generador y acumulador debe ser menor al 2% de la tensión nominal. Dicho valor se evalúa en ausencia de corriente entre generador y carga, y con una corriente entre generador y baterías igual a la nominal del regulador.

· La CdT entre los terminales del regulador referidos a acumulador y carga debe ser menor al 2% de la tensión nominal. Dicho valor se evalúa en ausencia de corriente entre generador y acumulador, y con una corriente entre baterías y carga igual a la nominal del regulador.

· El regulador debe incluir en el etiquetado la tensión nominal, la corriente máxima, la polaridad de terminales y conexiones, fabricante y número de serie.

5.2.6. Inversor

· El inversor se conecta a la salida de consumo del regulador de carga.

· El inversor debe asegurar que el valor de tensión a la salida es de $230\text{ V} \pm 5\%$ con una frecuencia de $50\text{ Hz} \pm 2\%$.

· Se debe asegurar la protección del inversor frente a la tensión de entrada fuera del margen de operación, desconexión del acumulador, cortocircuito en la salida de corriente alterna o sobrecargas excesivas en duración o muy elevadas.

· El etiquetado del inversor debe contener; la potencia nominal, la tensión nominal de entrada, la tensión y frecuencia de salida, el fabricante y número de serie, polaridad y terminales.

5.2.7. Cargas de consumo

· Se recomienda el uso de electrodomésticos de alta eficiencia.

· La iluminación presente en la vivienda debe ser tecnología LED o cualquier otra con un consumo similar.

· Debe incluirse un contador de corriente alterna a la salida del inversor.

PRESUPUESTOS

5.2.8. Cableado

- El cableado utilizado debe cumplir las disposiciones legales vigentes.
- La longitud de conductores debe cubrir el espacio necesario sin transmitir esfuerzos entre elementos de construcción ni los propios cables.
- Los positivos y negativos de la instalación en corriente continua se conducirán separados y se identificarán mediante etiquetas en sus extremos.
- Los cables exteriores deben estar protegidos contra la intemperie.
- Se utilizara en, todo caso, cable de alta seguridad (no propagador de llama, y de baja emisión de humos y gases).

5.2.9. Protecciones y puesta a tierra

- Todas las masas importantes de la instalación deben tener un aislamiento clase II o conectarse a la PaT.
- La instalación debe asegurar la protección contra contactos directos e indirectos en toda su extensión.
- Se emplearan interruptores magnetotérmicos frente sobrecorrientes y fusibles frente cortocircuitos. La intensidad nominal de los interruptores magnetotermicos empleados en las CI será la exigida por instrucción ITC-BT-25.
- La protección del acumulador es realizada por el regulador de carga.

5.3. Recepción y pruebas

- El instalador debe hacer entrega de un documento-albarán en el que se muestre componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento suministrados. Este documento debe ser firmado por duplicado para ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas del lugar del usuario.
- El instalador debe realizar, como mínimo, prueba de funcionamiento y puesta en marcha de la instalación; y prueba de protecciones y medidas de seguridad.
- El Acta de Recepción Provisional no debe firmarse hasta que se haya comprobado que el sistema funciona correctamente durante un mínimo de 240 h seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos de suministro. Con esta Acta se debe cumplir:
 - Entrega de la documentación pertinente.
 - Retirada del material sobrante de obra.

- Limpieza de la zona ocupada y transporte de los desechos a vertedero.
- El suministrador es el responsable de la operación del sistema durante la fase de pruebas, y el encargado de mostrar su funcionamiento al usuario.
- La instalación completa y los elementos que la componen están protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o elección de componentes por una garantía de tres años. La garantía de los módulos se amplía a ocho años a partir de la firma del Acta de Recepción Provisional.
- El instalador queda obligado a la reparación de fallos de funcionamiento sin cargo alguno, si se demuestra que el origen de dichos fallos procede de defectos ocultos de diseño o montaje. En todo caso se debe atener a la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

5.4. Requerimientos técnicos en el contrato de mantenimiento

5.4.1. Generalidades

- Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo) con un mínimo de tres años de duración.
- El mantenimiento preventivo debe incluir una revisión anual como mínimo.
- El contrato de mantenimiento debe incluir todas las medidas aconsejadas por los diferentes fabricantes de los elementos incluidos en la instalación.

5.4.2. Programa de mantenimiento

- El plan de mantenimiento preventivo supone: inspección visual y verificación de actuación de los elementos de la instalación, y labores de ajuste pertinentes con tal de permitir las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. Dicho mantenimiento incluye:
 - Verificación del funcionamiento de componentes y equipos.
 - Revisión de cableado, conexiones, pletinas, terminales...
 - Comprobación del estado de módulos, incluyendo modificación de su posición, limpieza y revisión de daños.
 - Revisión de la estructura de soporte.
 - Revisión de baterías (nivel de electrolito, limpieza y engrasado de terminales...).
 - Estado de inversor.

PRESUPUESTOS

- Estado de regulador de carga (incluyendo verificación de CdT entre terminales).
- Verificación de CdT en el cableado de continua.
- El plan de mantenimiento correctivo implica las operaciones de sustitución necesarias con tal de asegurar el correcto funcionamiento de la instalación durante su vida útil. Este incluye:
 - La visita a la instalación siempre que lo requiera el usuario, en un plazo máximo de 48 horas si la instalación no funciona, o una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.
 - El análisis y presupuestación de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
 - Los costes económicos que suponen el mantenimiento correctivo al alcance indicado, vienen incluidos en el precio anual del contrato de mantenimiento. La mano de obra y reposiciones de elementos pueden no incluirse en caso de haberse vencido la garantía.
- Las operaciones de mantenimiento serán realizadas por personal cualificado y se registrarán en un libro de mantenimiento.

5.4.3. Garantías

- La instalación debe ser reparada en caso de avería por defecto de montaje o de fabricación, siempre que se haya manipulado de acuerdo a lo establecido en el manual de instrucciones, sin perjuicio de una posible reclamación de terceros. Esta también incluye el coste de la mano de obra, tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de equipos para su reparación.
- La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, que debe ser justificado mediante el certificado de garantía correspondiente con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.
- Si el funcionamiento de la instalación debe ser interrumpido por causas derivadas del suministrador o por reparaciones para cumplir las estipulaciones de garantía, el plazo se prolongará el tiempo que duré dicha parada.
- La garantía para todos los elementos es de tres años de duración excepto para los módulos fotovoltaicos, en cuyo caso es de ocho años.
- En caso de incumplimiento de obligaciones por parte del suministrador en un plazo razonable, el usuario puede, previa notificación escrita, fijar una fecha de cumplimiento sobre el suministrador. En el caso de no cumplirse para dicha fecha, el comprador puede buscar, por cuenta y riesgo del suministrador, contratar a un tercero o realizar él mismo la pertinente reparación, sin perjuicios de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

·Se puede anular la garantía en caso de reparación o modificación, total o parcial, por parte de personas ajenas al suministrados o a servicios de asistencia técnica no autorizados, exceptuando el caso de la cláusula anterior.

·En caso de avería, el usuario debe comunicarlo fehacientemente al suministrador. Si hay presencia de defectos de fabricación en cualquier componente, el suministrador debe comunicarlo fehacientemente al fabricante.

·Las averías deben ser reparadas en su lugar de ubicación. En caso de no ser posible, el transporte hasta taller oficial corre a cuenta y cargo del suministrador.

·El suministrador debe actuar frente a un aviso de avería con la mayor brevedad posible, pero no se responsabilizará de los perjuicios ocasionados por la demora, siempre y cuando la reparación se haya realizado antes de 15 días naturales.

.

UNIVERSITAT JAUME I

PRESUPUESTO

Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible

PRESUPUESTO

6.1. Presupuesto de material

CAPÍTULO I: MATERIAL					
Partida	Ud.	Descripción	Medición	€/Medición	TOTAL (€)
1.1	ut	Módulo Solar ERA ESPSC 370 W	40	166,71	6668,40
1.2	ut	Regulador MPPT PC18-0015F Must Solar	1	257,40	257,40
1.3	ut	Inversor Victron Quattro 48/10000/140-100/100	1	4042,22	4042,22
1.4	ut	Sistema de almacenamiento en baterías de gel 12 PVV 1800 BAE C100	12	653,60	7843,20
1.5	ut	Estructura Aluminio Würth para tres placas en suelo	14	114,95	1609,30
1.6	ut	Conector de carril Würth ALU ZEBRA 47 × 34	11	5,45	59,95
1.7	m	Cable RZ1-K 3G (AS) 1,5 mm ² 1 kV REVI	366	0,60	219,6
1.8	m	Cable RZ1-K 3G (AS) 2,5 mm ² 1 kV REVI	248	0,98	243,04
1.9	m	Cable RZ1-K 3G (AS) 4 mm ² 1 kV REVI	54	1,65	89,10
1.10	m	Cable RZ1-K 3G (AS) 6 mm ² 1 kV REVI	156	2,35	366,6
1.11	m	Cable RZ1-K 1G (AS) 10 mm ² 1 kV REVI	12	1,01	12,12
1.12	m	Cable RZ1-K 1G (AS) 35 mm ² 1 kV REVI	55	3,38	185,9
1.13	m	Cable flexible 1G 70 mm ² RZ1-K 0,6/1 kV EXZHELLENT GENERAL CABLE	110	9,30	1023
1.14	m	Tubo corrugado flexible PVC Ø20mm	412	0,12	49,44
1.15	m	Tubo manguera semirrígido PVC Ø75mm	2	9,59	19,18
1.16	m	Canaleta PVC autoadhesivo con cubierta 12 × 12 mm HALOTEC	20	0,53	10,60
1.17	m	Canaleta PVC autoadhesivo con cubierta 16 × 16 mm HALOTEC	52,26	0,72	37,67
1.18	ut	Magnetotérmico C60N PIA 2P 10 A Curva C Hager	21	9,32	195,72
1.19	ut	Magnetotérmico PIA 2P 16 A Curva C Ic60N Schneider Electric	4	15,50	62

PRESUPUESTO

CAPÍTULO I: MATERIAL					
Partida	Ud.	Descripción	Medición	€/Medición	TOTAL (€)
1.20	ut	Magnetotérmico C60N PIA 2P 20 A Curva C Hager	2	16,35	32,70
1.21	ut	Magnetotérmico PIA 2P 25 A Curva C Ic60N Schneider Electric	3	32,72	98,16
1.22	ut	Magnetotérmico PIA 2P 50 A Curva C Ic60N Schneider Electric	1	39,18	39,18
1.23	ut	Magnetotermico 2p 100 A 10 Ka OB8-100P2 Denor	1	18,07	18,07
1.24	ut	Fusible 1000V DC 20 A Data Sheet	20	5,95	119
1.25	ut	Fusible 157.5701.6121 80 V 400 A con alojamiento Littelfuse	1	6,17	6,17
1.26	ut	Fusible AC-0 100 A Clase Gg Temper	11	7,95	87,45
1.27	ut	Caja de Protección y Medida 1-D2-M Pinazo	1	59,90	59,90
1.28	ut	SAVE toma de corriente tipo 2 16-22 A	1	1700	1700,00
1.29	m	Conductor de tierra formado por cable de cobre desnudo trenzado de 35 mm ²	4,94	40,5	113,81
TOTAL CAPÍTULO I					25355,14 €

CAPÍTULO II: MONTAJE Y MANO DE OBRA					
Partida	Ud.	Descripción	Medición	€/Medición	TOTAL (€)
2.1	m	Instalación, montaje y conexionado de módulos fotovoltaicos	40	13,58	543,20
2.2	m	Instalación y montaje de la estructura de soporte para módulos fotovoltaicos	40	6,49	259,60
2.3	m	Conexionado en paralelo de los módulos fotovoltaicos mediante cable flexible 1 × 70 mm ² RZ1-K 0,6/1 kV en canaletas de PVC 16 × 16mm con protecciones pertinentes	55	6,09	334,95
2.4	ut	Instalación y conexionado de inversor, regulador y baterías	1	11,02	11,02

CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE

CAPÍTULO II: MONTAJE Y MANO DE OBRA					
Partida	Ud.	Descripción	Medición	€/Medición	TOTAL (€)
2.5	ut	Instalación y conexionado de la CPM	1	29,02	29,02
2.6	m	Instalación de DI Cable RZ1-K 1G (AS) 10 mm ² 1 kV empotada en hueco de construcción bajo tubo PVC Ø75 mm	2	3,34	6,68
2.7	ut	Instalación de los circuitos interiores exceptuando C13	1	757,28	757,28
2.8	ut	Instalación del circuito C13, y montaje y conexionado de la estación de recarga para vehículo eléctrico	1	40,26	40,26
2.9	m	Instalación de la puesta a tierra para un conductor de tierra formado por cable de cobre desnudo de 35 mm ²	40,5	1,91	77,36
TOTAL CAPÍTULO II					2048,35 €

CAPÍTULO III: OBRA CIVIL					
Partida	Ud.	Descripción	Medición	€/Medición	TOTAL (€)
3.1	pa	Realización de zanja para la colocación de CdP	1	850	850
TOTAL CAPÍTULO III					850,00 €

CAPÍTULO IV: INGENIERÍA Y DIRECCIÓN DE OBRA					
Partida	Ud.	Descripción	Medición	€/Medición	TOTAL (€)
4.1	pa	Realización del proyecto ejecutivo de la instalación	1	1000	1000,00
4.2	pa	Gestión y tramitación del proyecto	1	700	700,00
TOTAL CAPÍTULO IV					1700,00 €

PRESUPUESTO

6.2. Resumen del presupuesto

CAPÍTULO	IMPORTE (€)
CAPÍTULO I: Material	25355,14 €
CAPÍTULO II: Montaje y mano de obra	2048,35 €
CAPÍTULO III: Obra civil	850,00 €
CAPÍTULO IV: Ingeniería y dirección de obra	1700,00 €
TOTAL (€)	29953,49 €
IVA (21 %)	6290,23 €
TOTAL + IVA	36243,72 €

UNIVERSITAT JAUME I

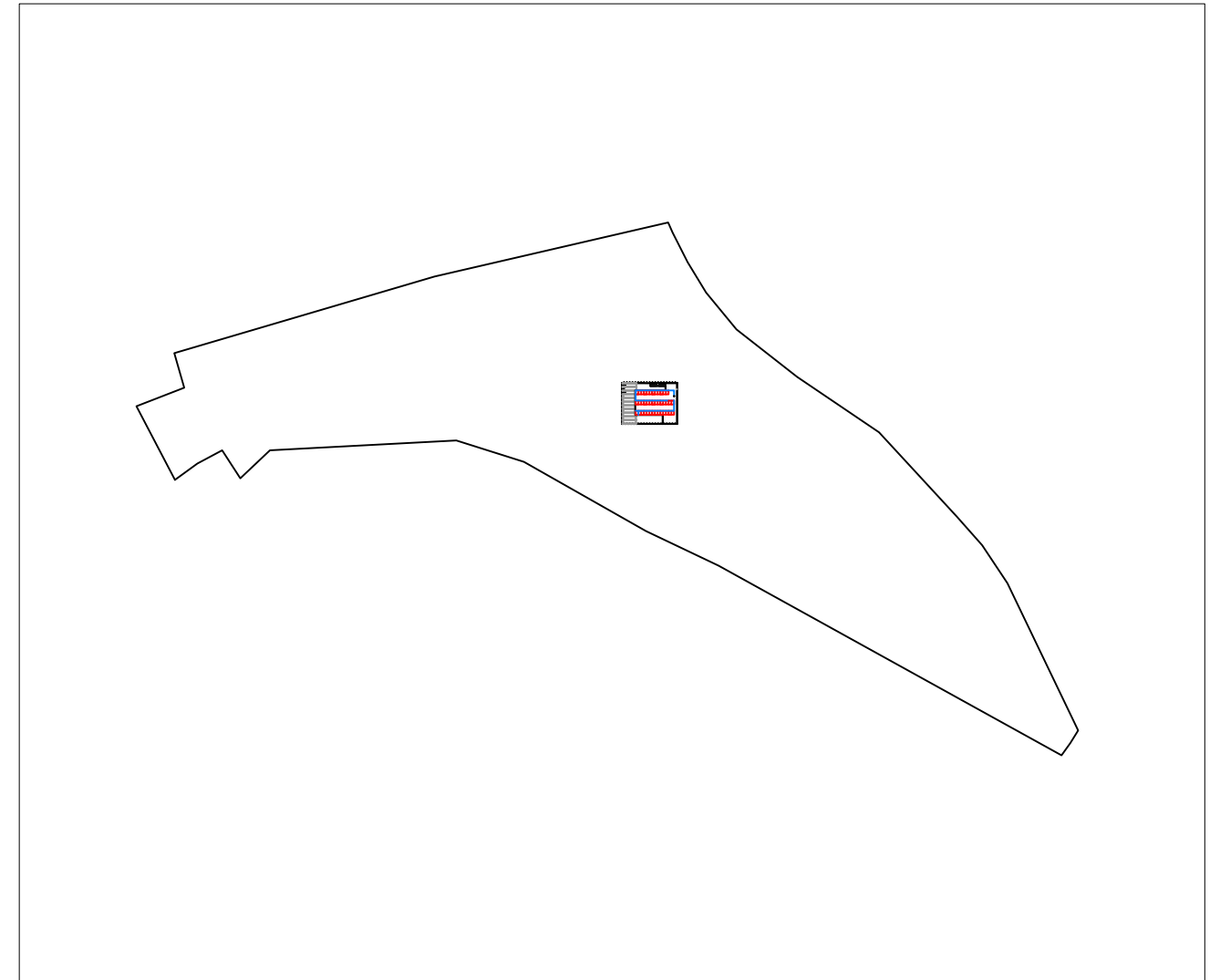
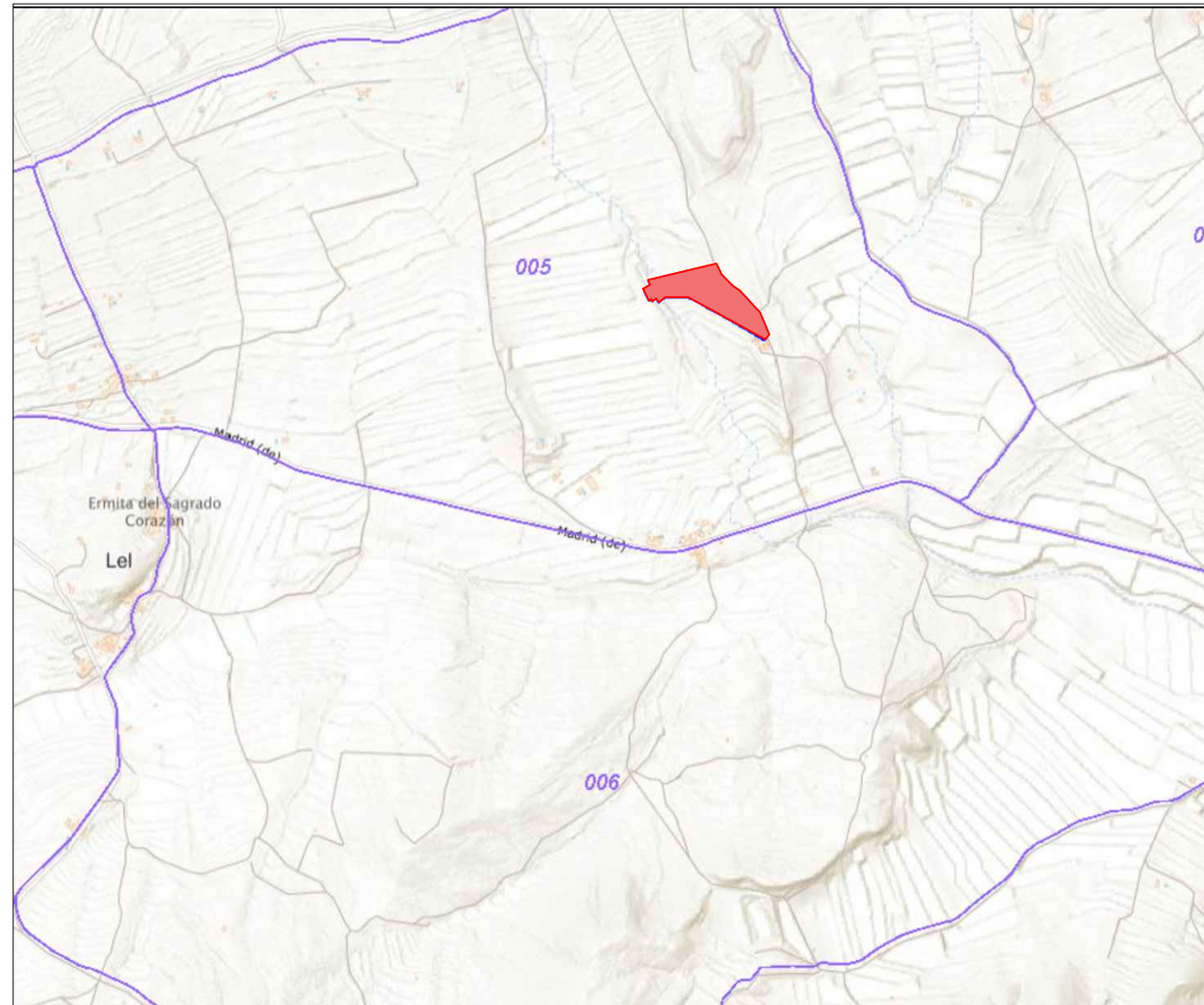
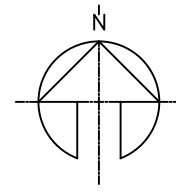
PLANOS

Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible

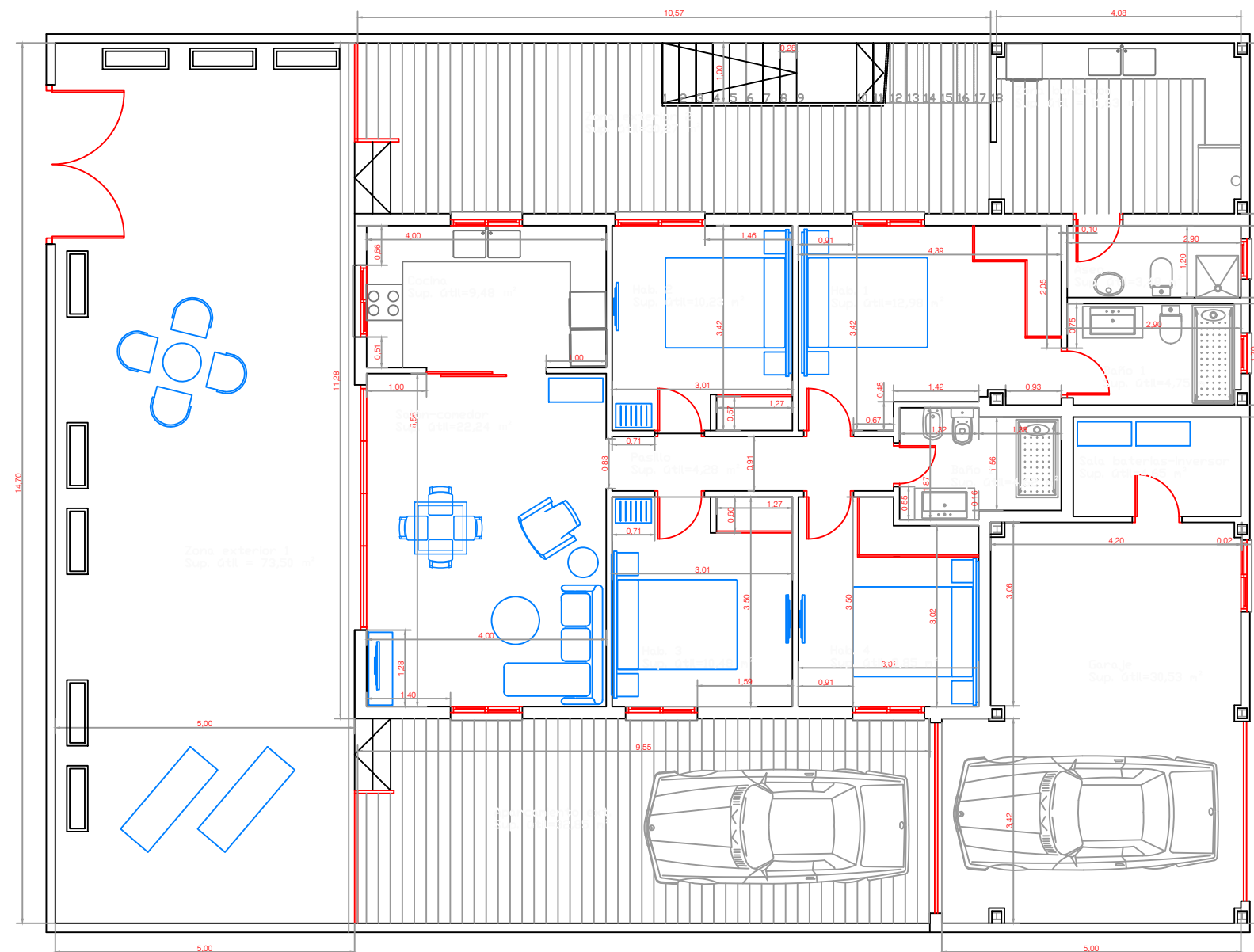
PLANOS

Contenido

Plano 1. Situación y emplazamiento	1
Plano 2. Distribución en planta	2
Plano 3. Cubierta e instalación fotovoltaica	3
Plano 4. Instalación eléctrica. Alumbrado (C1)	4
Plano 5. Instalación eléctrica TC (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C10, C13)	5
Plano 6. Instalación eléctrica calefacción / aire acondicionado (C8, C9)	6
Plano 7. Esquema eléctrico	7

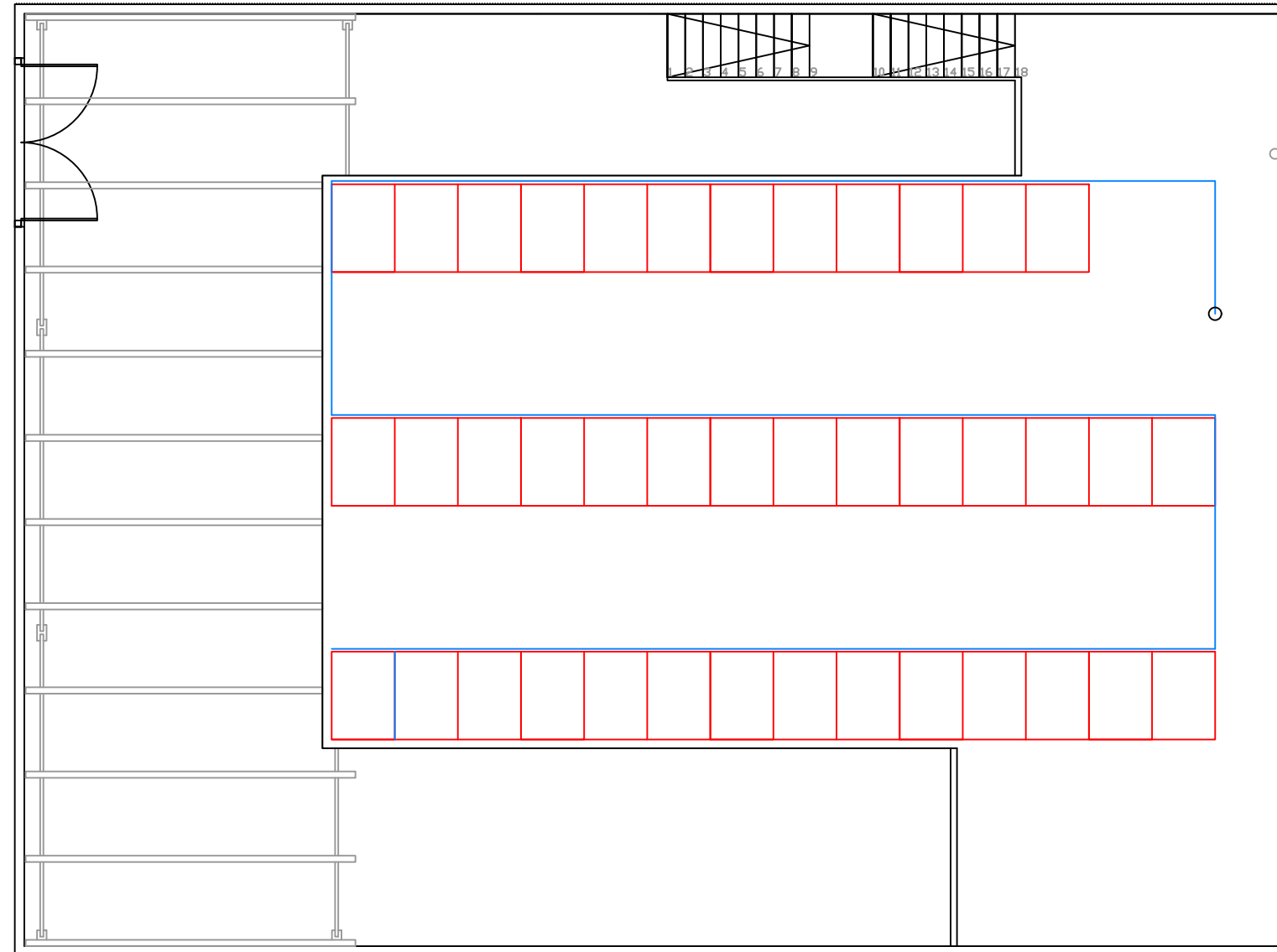


PROYECTO: Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible		
AUTOR: Salvador Carreras Nebot		
PLANO: Situación / Emplazamiento		
ESCALA: 1:20000/1:2500	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Escuela superior de tecnología y ciencias experimentales	
FECHA: Septiembre 2019		
PLANO: 1		



Zona	Superficies (m²)
Salón-Comedor	22,24
Cocina	9,48
Baño 1	4,62
Baño 2	4,75
Aseo	3,48
Habitación 1	13,72
Habitación 2	10,23
Habitación 3	10,48
Habitación 4	9,85
Pasillo	4,28
Garaje	30,53
Zona barbacoa	11,63
Sala baterías-inversor	4,65
Aparcamiento exterior=32,85 m²	
Zona exterior 1=73,50 m²	
Zona exterior 2=30,27 m²	
Superficie útil = 140,46 m²	
Superficie exterior=136,61 m²	
Superficie Construida = 158,10 m²	
Total=301,50 m²	

PROYECTO: Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible		
AUTOR: Salvador Carreras Nebot		
PLANO: Distribución en planta		
ESCALA:	1:100	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Escuela superior de tecnología y ciencias experimentales
FECHA:	Septiembre 2019	
PLANO:	2	



PROYECTO: Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible

AUTOR: Salvador Carreras Nebot

PLANO: Cubierta e instalación fotovoltaica

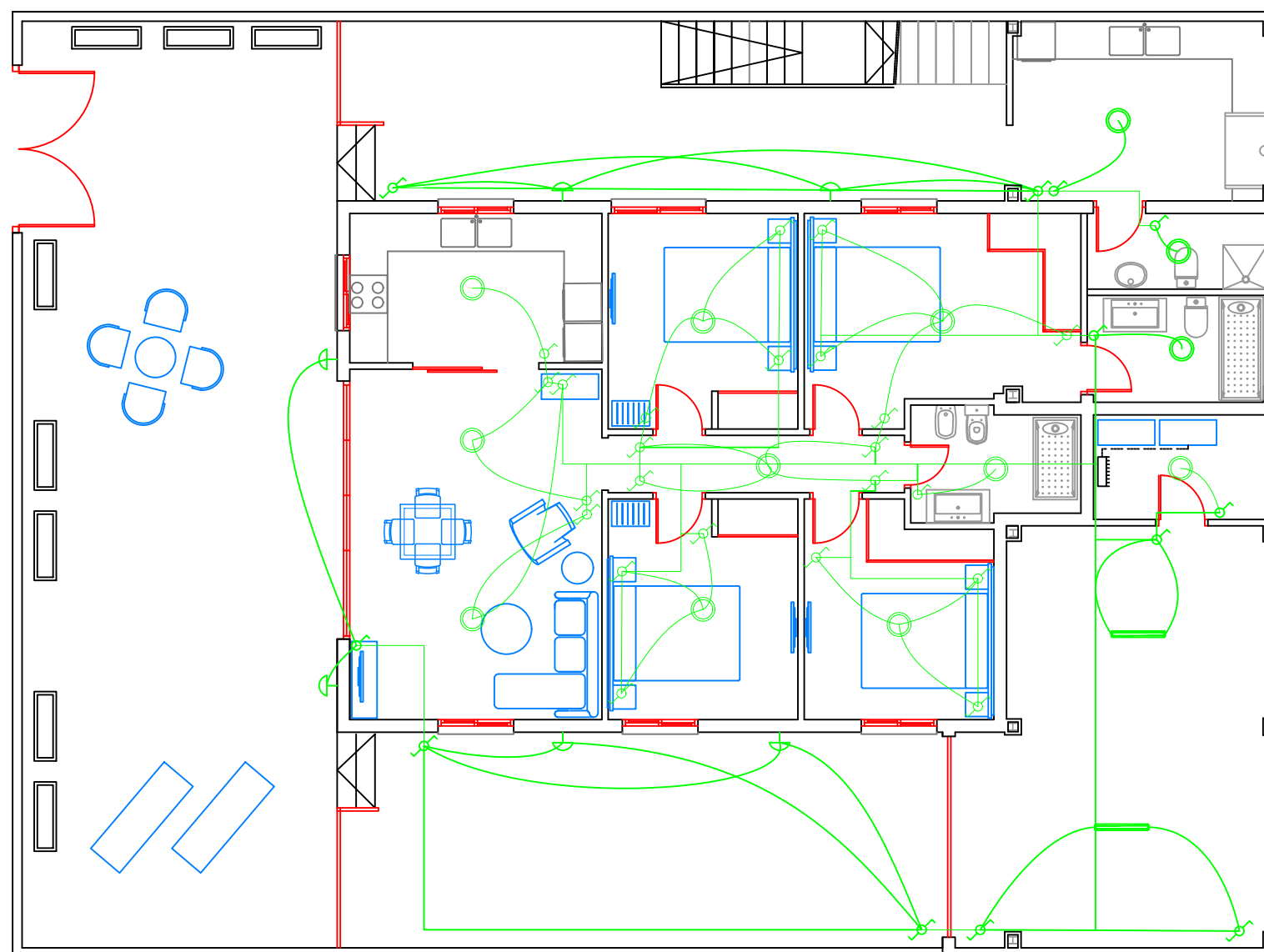
ESCALA: 1:100

FECHA: Septiembre 2019

PLANO: 3

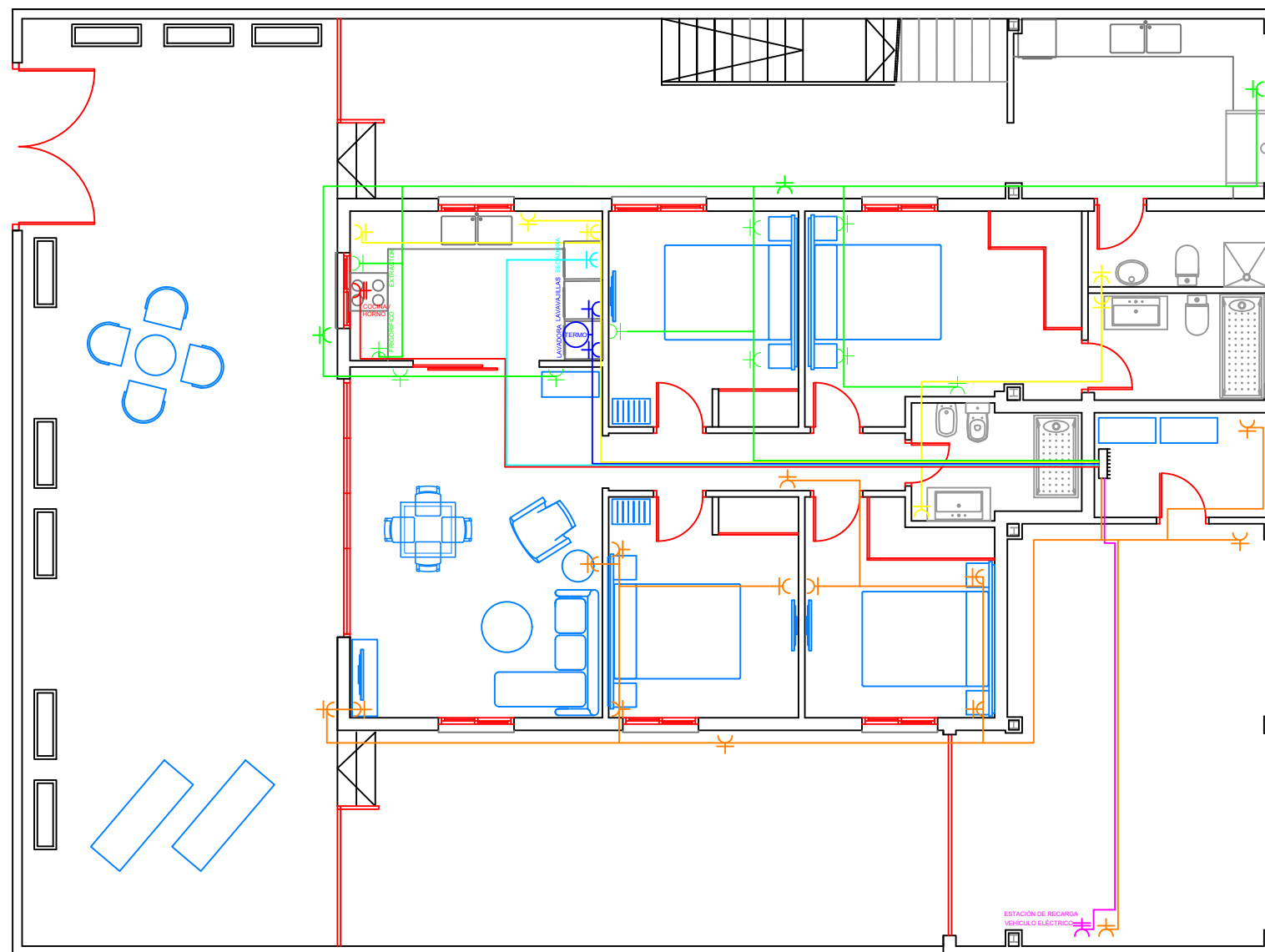
Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Escuela superior de tecnología y ciencias experimentales



SIMBOLOGIA	
	CUADRO GENERAL
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR CONMUTADO
	PUNTO ILUMINACION
	PUNTO ILUMINACION PARED
	LUMINARIA FLUORESCENTE 2x36W
	C1 / ILUMINACIÓN
	DERIVACIÓN INDIVIDUAL

PROYECTO: Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible		
AUTOR: Salvador Carreras Nebot		
PLANO: Instalación eléctrica, Alumbrado (C1)		
ESCALA:	1:100	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Escuela superior de tecnología y ciencias experimentales
FECHA:	Septiembre 2019	
PLANO:	4	



SIMBOLOGIA	
	CUADRO MANDOS
	TOMA DE CORRIENTE 15 A
	TOMA DE CORRIENTE 25 A
	C2 / TC USO GENERAL 1, FRIGORIFICO
	C3 / COCINA, HORNO
	C4 / LAVADORA, LAVAVAJILLAS, TERMO
	C5 / TC AUXILIARES COCINA, TC BAÑOS
	C7 / TC USO GENERAL 2
	C10 / SECADORA
	C13 / ESTACIÓN RECARGA VEHÍCULO ELÉCTRICO

PROYECTO: Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible

AUTOR: Salvador Carreras Nebot

PLANO: Instalación eléctrica TC (Circuitos C2, C3, C4, C5, C6, C10, C13)

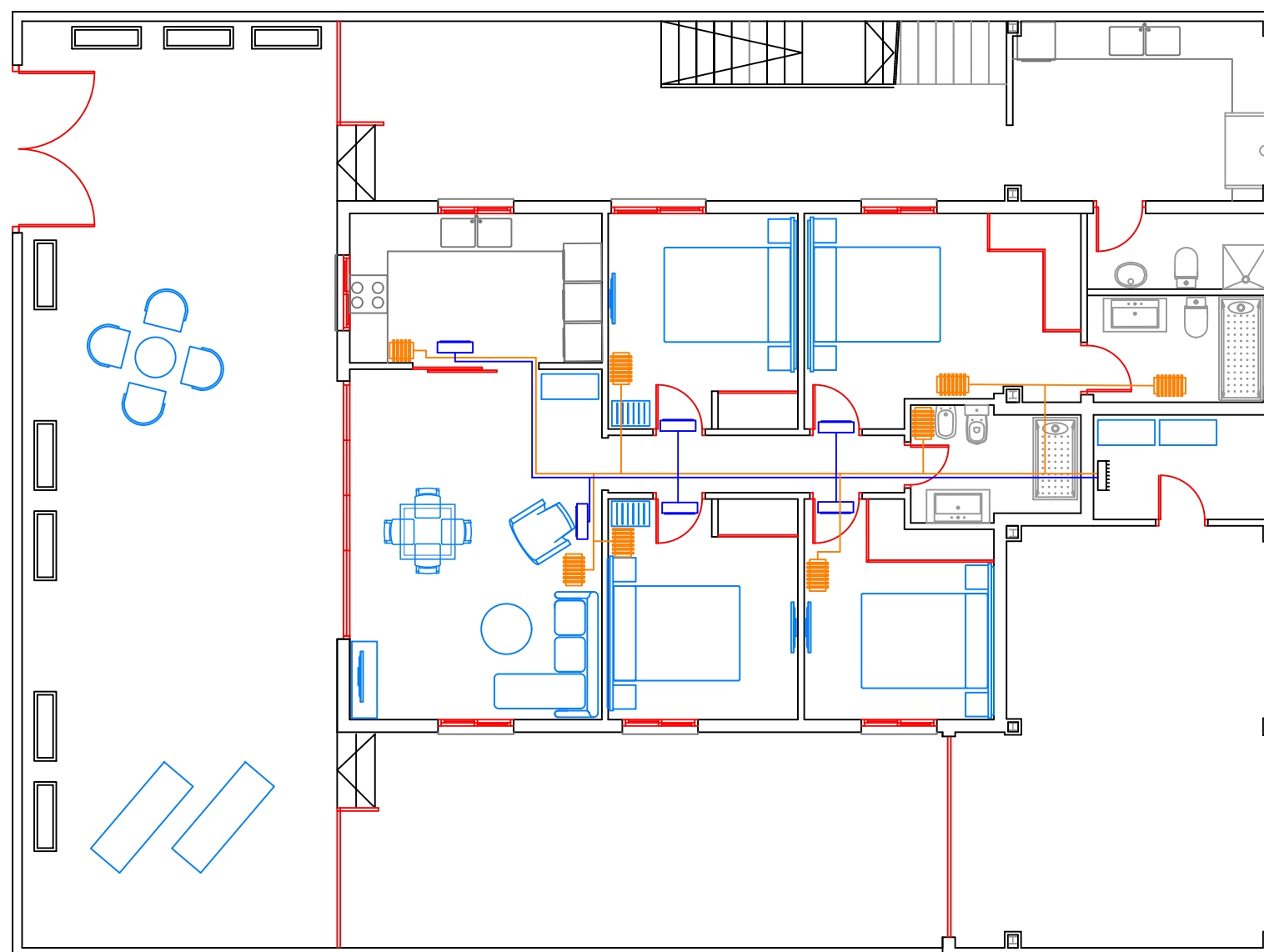
ESCALA: 1:100

FECHA: Septiembre 2019

PLANO: 5

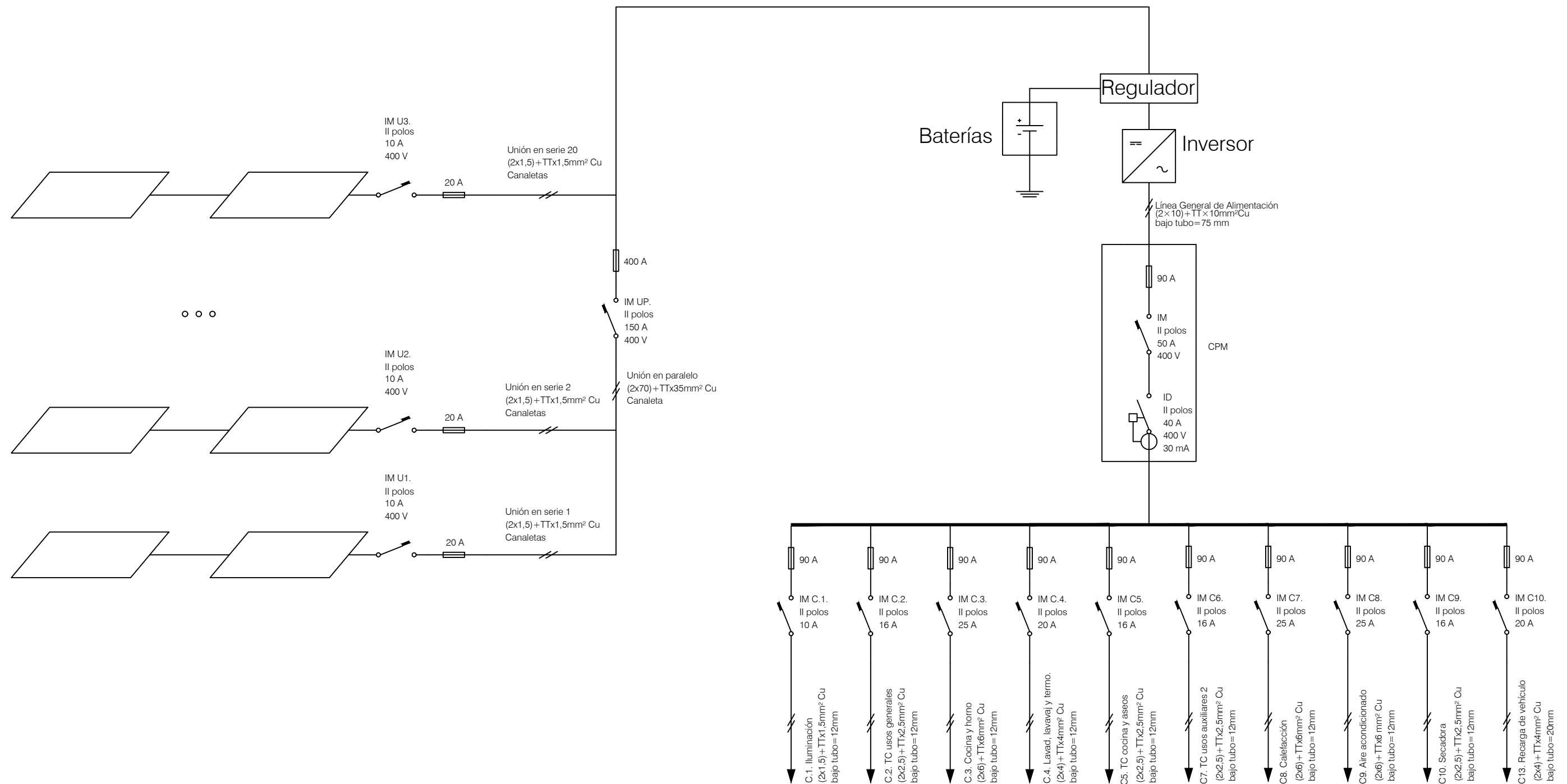
Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Escuela superior de tecnología y ciencias experimentales



SIMBOLOGIA	
	CUADRO GENERAL
	TOMA CALEFACCIÓN
	TOMA AIRE ACONDICIONADO
	C8 / CALEFACCIÓN
	C9 / AIRE ACONDICIONADO

PROYECTO: Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible		
AUTOR: Salvador Carreras Nebot		
PLANO: Instalación eléctrica calefacción / aire acond. (Circuitos 8, 9)		
ESCALA:	1:100	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Escuela superior de tecnología y ciencias experimentales
FECHA:	Septiembre 2019	
PLANO:	6	



PROYECTO: Cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica para una vivienda autosostenible

AUTOR: Salvador Carreras Nebot

PLANO: Esquema eléctrico

ESCALA: -

FECHA: Septiembre 2019

PLANO: 7

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Escuela superior de tecnología y ciencias experimentales